

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年12月20日

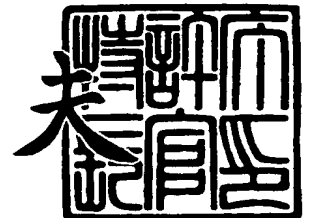
出願番号
Application Number: 特願2002-370965
[ST. 10/C]: [JP2002-370965]

出願人
Applicant(s): 株式会社荏原製作所

2003年 9月29日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3079893

【書類名】 特許願

【整理番号】 EB2987P

【提出日】 平成14年12月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B23H 03/04

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 安田 穂積

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 飯泉 健

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 糸川 正行

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 小島 巖貴

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 高田 暢行

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 鍋谷 治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 深谷 孝一

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社 荏原製作所

【代表者】 依田 正稔

【代理人】

【識別番号】 100091498

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 勇

【選任した代理人】

【識別番号】 100092406

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀田 信太郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100093942

【弁理士】

【氏名又は名称】 小杉 良二

【選任した代理人】

【識別番号】 100109896

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 友宏

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-292935

【出願日】 平成14年10月 4日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026996

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9112447

【包括委任状番号】 0018636

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 基板保持装置、電解加工方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被加工物である基板を保持して加工電極に接触させて電解加工を行う基板保持装置であって、

シャフトに連結されるフランジ部と、

前記フランジ部に対して前記シャフトの軸方向に移動自在で、かつ前記基板を保持するチャッキング部材とを備えたことを特徴とする基板保持装置。

【請求項 2】 前記フランジ部と前記チャッキング部材との間に形成される第 1 の圧力室を備え、

前記第 1 の圧力室に流体を供給することにより該第 1 の圧力室を加圧して、前記チャッキング部材に保持された基板を前記加工電極に接触させることを特徴とする請求項 1 に記載の基板保持装置。

【請求項 3】 前記第 1 の圧力室は、前記フランジ部、前記チャッキング部材、及び前記フランジ部と前記チャッキング部材とを連結する弾性部材により形成されることを特徴とする請求項 2 に記載の基板保持装置。

【請求項 4】 前記チャッキング部材に所定の重量のウェイトを取り付けることにより、前記基板の前記加工電極に対する押圧力を調整することを特徴とする請求項 1 に記載の基板保持装置。

【請求項 5】 前記チャッキング部材を下方に押圧するエアシリンダを更に備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の基板保持装置。

【請求項 6】 前記チャッキング部材は、前記基板に連通する連通孔が形成されたチャッキングプレートと、前記チャッキングプレートの上方に配置されたストッパプレートと、前記チャッキングプレートと前記ストッパプレートとの間に形成される第 2 の圧力室とを備え、

前記第 2 の圧力室から流体を吸引することにより該第 2 の圧力室を減圧して、前記基板を前記チャッキング部材に吸着させることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の基板保持装置。

【請求項 7】 前記フランジ部には、内方に突出する突出部を有するリテー

ナリングを取り付け、

前記チャッキング部材には、前記リテーナリングの突出部に係合する突起を設けたことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の基板保持装置。

【請求項 8】 加工電極と、

被加工物に給電する給電電極と、

前記被加工物としての基板を保持して前記加工電極に接触させる請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の基板保持装置と、

前記加工電極と前記給電電極との間に電圧を印加する電源と、

前記基板保持装置で保持した被加工物と前記加工電極とを相対移動させる駆動部とを備えたことを特徴とする電解加工装置。

【請求項 9】 前記被加工物と加工電極又は給電電極の少なくとも一方との間にイオン交換体を配置したことを特徴とする請求項 8 に記載の電解加工装置。

【請求項 10】 前記イオン交換体が配置された被加工物と加工電極又は給電電極の少なくとも一方との間に流体を供給する流体供給部を備えたことを特徴とする請求項 9 に記載の電解加工装置。

【請求項 11】 前記被加工物と加工電極又は給電電極の少なくとも一方との間に通水性を有する部材を配置したことを特徴とする請求項 8 に記載の電解加工装置。

【請求項 12】 加工電極と給電電極とを配置し、

前記加工電極と前記給電電極との間に電圧を印加し、

シャフトに連結されるフランジ部と前記基板を保持するチャッキング部材とを有する基板保持装置により被加工物としての基板を保持し、

前記被加工物を前記加工電極に接触させ、前記被加工物と前記加工電極とを相対移動させて該被加工物の表面を加工することを特徴とする電解加工方法。

【請求項 13】 前記基板保持装置のフランジ部とチャッキング部材との間に形成される第 1 の圧力室に流体を供給することにより該第 1 の圧力室を加圧して、前記被加工物を前記加工電極に接触させることを特徴とする請求項 12 に記載の電解加工方法。

【請求項 14】 前記被加工物と加工電極又は給電電極の少なくとも一方と

の間にイオン交換体を配置したことを特徴とする請求項 1 2 又は 1 3 に記載の電解加工方法。

【請求項 1 5】 前記被加工物の押圧力が 6 . 8 6 k P a 以下になるように、前記第 1 の圧力室に供給される流体の圧力を制御することを特徴とする請求項 1 2 乃至 1 4 のいずれか一項に記載の電解加工方法。

【請求項 1 6】 電極と該電極の表面に取り付けられた加工部材とを有する複数の電極部材を並列に配置した電極部と、前記電極部材の加工部材に被加工物を接触自在に保持する保持部と、前記電極部の各電極部材の電極に接続される電源とを備え、

前記複数の電極部材の間には、前記被加工物の表面に接触する接触部材を配置したことを特徴とする電解加工装置。

【請求項 1 7】 前記接触部材には、前記被加工物の表面を傷つけない程度の弾性を有する材質により形成された緩衝部材を取り付けたことを特徴とする請求項 1 6 に記載の電解加工装置。

【請求項 1 8】 前記加工部材はイオン交換体であることを特徴とする請求項 1 6 又は 1 7 に記載の電解加工装置。

【請求項 1 9】 加工電極と、
被加工物に給電する給電電極と、
前記被加工物としての基板を保持して前記加工電極及び前記給電電極に接触又は近接させる基板保持部と、
前記加工電極と前記給電電極との間に電圧を印加する電源と、
前記基板保持部で保持した前記被加工物と前記加工電極及び前記給電電極とを相対運動させる駆動部と、
前記被加工物と前記加工電極との間、または前記被加工物と前記給電電極との間の少なくとも一方に流体を供給する流体供給部と、
前記加工電極と前記被加工物との間の流体の流れと、前記給電電極と前記被加工物との間の流体の流れを少なくとも部分的に隔離する隔壁を備えたことを特徴とする電解加工装置。

【請求項 2 0】 前記被加工物と前記加工電極又は前記給電電極の少なくと

も一方との間にイオン交換体を配置したことを特徴とする請求項 19 記載の電解加工装置。

【請求項 21】 前記隔壁は、弾性体からなることを特徴とする請求項 19 又は 20 記載の電解加工装置。

【請求項 22】 前記弾性体は、不織布、発泡ポリウレタン、PVA スポンジ、ポリウレタンスポンジ又はイオン交換体からなることを特徴とする請求項 21 記載の電解加工装置。

【請求項 23】 互いに隣接する前記隔壁により隔離された領域を流れる流体の流れを、前記加工電極側または前記給電電極側の流れと、前記被加工物側の流れに分離する第 2 の隔壁を更に有することを特徴とする請求項 19 乃至 22 のいずれか一項に記載の電解加工装置。

【請求項 24】 前記流体は、超純水、純水、電気伝導度が $500\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の液体または電解液であることを特徴とする請求項 19 乃至 23 のいずれか一項に記載の電解加工装置。

【請求項 25】 互いに隣接する前記隔壁により隔離された領域を流れる流体を吸引する流体吸引部を有することを特徴とする請求項 19 乃至 24 のいずれか一項に記載の電解加工装置。

【請求項 26】 複数の電極を配置した電極部と、前記電極に被加工物を接触乃至近接自在に保持する保持部と、前記電極部の各電極に接続される電源とを備え、

前記複数の電極の間には、前記被加工物の表面に接触する接触部材を配置したことを特徴とする電解加工装置。

【請求項 27】 加工電極と給電電極とを配置し、
前記加工電極と前記給電電極との間に電圧を印加し、
前記被加工物を前記加工電極に接触又は近接させ、
前記加工電極と被加工物との間の流体の流れと、前記給電電極と被加工物との間の流体の流れとを隔壁により少なくとも部分的に隔離しつつ、前記被加工物と前記加工電極とを相対運動させて前記被加工物の表面を加工することを特徴とする電解加工方法。

【請求項 28】 前記被加工物と前記加工電極又は前記給電電極の少なくとも一方との間にイオン交換体を配置したことを特徴とする請求項 27 に記載の電解加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電解加工方法及び装置に係り、特に半導体ウェハ等の基板表面の導電性材料を加工したり、基板表面に付着した不純物を除去するのに使用される電解加工を行う電解加工方法及び装置に関するものである。また、本発明は、かかる電解加工装置において被加工物である基板を保持する基板保持装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体ウェハ等の基板上に回路を形成するための配線材料として、アルミニウム又はアルミニウム合金に代えて、電気抵抗率が低くエレクトロマイグレーション耐性が高い銅（Cu）を用いる動きが顕著になっている。この種の銅配線は、基板の表面に設けた微細凹みの内部に銅を埋め込むことによって一般に形成される。この銅配線を形成する方法としては、化学気相成長法（CVD：Chemical Vapor Deposition）、スパッタリング及びめっきといった手法があるが、いずれにしても、基板のほぼ全表面に銅を成膜して、化学機械的研磨（CMP：Chemical Mechanical Polishing）により不要の銅を除去するようにしている。

【0003】

図 1（a）乃至図 1（c）は、この種の銅配線基板 W の一製造例を工程順に示すものである。図 1（a）に示すように、半導体素子が形成された半導体基材 1 上の導電層 1a の上に SiO₂ からなる酸化膜や Low-k 材膜などの絶縁膜 2 が堆積され、リソグラフィ・エッチング技術によりコンタクトホール 3 と配線用の溝 4 が形成されている。これらの上に TaN 等からなるバリア膜 5、更にその上に電解めっきの給電層としてスパッタリングや CVD 等によりシード層 7 が形成されている。

【0 0 0 4】

そして、基板Wの表面に銅めっきを施すことで、図1（b）に示すように、半導体基材1のコンタクトホール3及び溝4内に銅を充填するとともに、絶縁膜2上に銅膜6を堆積する。その後、化学機械的研磨（CMP）により、絶縁膜2上の銅膜6を除去して、コンタクトホール3及び配線用の溝4に充填させた銅膜6の表面と絶縁膜2の表面とをほぼ同一平面にする。これにより、図1（c）に示すように銅膜6からなる配線が形成される。

【0 0 0 5】

また、最近ではあらゆる機器の構成要素において微細化かつ高精度化が進み、サブミクロン領域での物作りが一般的となるにつれて、加工法自体が材料の特性に与える影響は益々大きくなっている。このような状況下においては、従来の機械加工のように、工具が被加工物を物理的に破壊しながら除去していく加工方法では、加工によって被加工物に多くの欠陥を生み出してしまうため、被加工物の特性が劣化してしまう。したがって、いかに材料の特性を損なうことなく加工を行うことができるかが問題となってくる。

【0 0 0 6】

この問題を解決する手段として開発された特殊加工法に、化学研磨や電解加工、電解研磨がある。これらの加工方法は、従来の物理的な加工とは対照的に、化学的溶解反応を起こすことによって、除去加工等を行うものである。したがって、塑性変形による加工変質層や転位等の欠陥は発生せず、上述の材料の特性を損なわずに加工を行うといった課題が達成される。

【0 0 0 7】**【発明が解決しようとする課題】**

例えば、CMP工程は、一般にかなり複雑な操作が必要で、制御も複雑となり、加工時間もかなり長い。更に、研磨後の基板の後洗浄を十分に行う必要があるばかりでなく、スラリーや洗浄液の廃液処理のための負荷が大きい等の課題がある。このため、CMP自体を省略する、あるいはこの負荷を軽減することが強く求められている。また、今後、絶縁膜も誘電率の小さいLow-k材に変わると予想され、このLow-k材は強度が弱くCMPによるストレスに耐えられなく

なる。したがって、基板にストレスを与えることなく、平坦化できるようにしたプロセスが望まれている。

【0 0 0 8】

なお、化学機械的電解研磨のように、めっきをしながらCMPで削るというプロセスも発表されているが、めっき成長面に機械加工が付加されることで、めっきの異常成長を促すことにもなり、膜質に問題を起こしている。

【0 0 0 9】

また、半導体装置の製造プロセスにおいて、Low-k材などの脆弱な材料を加工する場合には、素材の座屈等による破壊が懸念されるため、CMP等の加工においては基板と研磨面との間に高い面圧をかけることができず、十分な研磨性能を発揮することができない。特に、最近では、基板の配線材料として銅や低誘電率の材料を使用することが望まれており、このような脆弱な材料を用いた場合には、上述の問題が顕著になる。電解加工においては、基板と加工電極との間に面圧をかける必要はないが、基板と加工電極とを接触させる際に面圧が発生して半導体デバイスを破壊する可能性がある。したがって、電解加工においても基板に高荷重がかかることを避ける必要がある。

【0 0 1 0】

電気化学的加工において、反応種であるイオンは、加工電極及び給電電極と被加工物との間に生じる電界により被加工物表面に移動する。したがって、イオンの移動に対する障害物が発生した場合に、加工の一様性や均一性に影響を受ける。ここで、障害物としては、被加工物表面において加工過程で被加工物とイオンとの電気化学的反応により生じる加工生成物や、イオン交換体と被加工物との相対運動により発生するイオン交換体からの遊離物、被加工物と電極表面において副反応により生成する気泡（ガス）等が挙げられる。これらの障害物は、電極と被加工物の間に存在することでイオンの移動の妨げになり、加工量の一様化及び均一化を図る上での妨げとなる。特に気泡は、被加工物表面にピットを生成する要因となる。

【0 0 1 1】

本発明は、このような従来技術の問題点を鑑みてなされたもので、脆弱な材料

を加工する場合においても基板に形成されたデバイスを破壊することなく加工を行うことができる電解加工方法及び装置、及びかかる電解加工装置に用いられる基板保持装置を提供することを目的とする。

本発明はまた、電気化学的加工に際して、必然的に発生する気泡を効果的に除去できるようにした電解加工装置及び方法を提供することを第2の目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

このような従来技術における問題点を解決するために、本発明の第1の態様は、被加工物である基板を保持して加工電極に接触させて電解加工を行う基板保持装置であって、シャフトに連結されるフランジ部と、上記フランジ部に対して上記シャフトの軸方向に移動自在で、かつ上記基板を保持するチャッキング部材とを備えたことを特徴とする基板保持装置である。

【0013】

本発明の第2の態様は、加工電極と、被加工物に給電する給電電極と、上記被加工物としての基板を保持して上記加工電極に接触させる上記基板保持装置と、上記加工電極と上記給電電極との間に電圧を印加する電源と、上記基板保持装置で保持した被加工物と上記加工電極とを相対移動させる駆動部とを備えたことを特徴とする電解加工装置である。この場合において、上記被加工物と加工電極又は給電電極の少なくとも一方との間にイオン交換体を配置することが好ましい。また、上記イオン交換体が配置された被加工物と加工電極又は給電電極の少なくとも一方との間に流体を供給する流体供給部を備えることが好ましい。

【0014】

本発明の第3の態様は、加工電極と給電電極とを配置し、上記加工電極と上記給電電極との間に電圧を印加し、シャフトに連結されるフランジ部と上記基板を保持するチャッキング部材とを有する基板保持装置により被加工物としての基板を保持し、上記被加工物を上記加工電極に接触させ、上記被加工物と上記加工電極とを相対移動させて該被加工物の表面を加工することを特徴とする電解加工方法である。この場合において、上記被加工物と加工電極又は給電電極の少なくとも一方との間にイオン交換体を配置することが好ましい。

【0015】

ここで、加工電極もしくはイオン交換体から被加工物が受ける押圧力が、 19.6 kPa (200 gf/cm^2) 以下、より好ましくは 6.86 kPa (70 gf/cm^2) 以下、更に好ましくは 686 Pa (7 gf/cm^2 、 0.1 psi) 以下になるように、第1の圧力室に供給する流体の圧力を調整して低荷重で基板Wの加工を行うことが好ましい。

【0016】

図2及び図3は、本発明の加工原理を示すものである。図2は、被加工物10の表面に、加工電極14に取り付けたイオン交換体12aと、給電電極16に取り付けたイオン交換体12bとを接触又は近接させ、加工電極14と給電電極16との間に電源17を介して電圧を印加しつつ、加工電極14及び給電電極16と被加工物10との間に流体供給部19から超純水等の流体18を供給した状態を示している。図3は、被加工物10の表面に、加工電極14に取り付けたイオン交換体12aを接触又は近接させ、給電電極16を被加工物10に直接接触させて、加工電極14と給電電極16との間に電源17を介して電圧を印加しつつ、加工電極14と被加工物10との間に流体供給部19から超純水等の流体18を供給した状態を示している。

【0017】

超純水のような流体自身の抵抗値が大きい液体を使用する場合には、イオン交換体12aを被加工物10の表面に「接触させる」ことが好ましく、このようにイオン交換体12aを被加工物10の表面に接触させることにより、電気抵抗を低減させることができ、印加電圧も小さくて済み、消費電力も低減できる。したがって、本発明に係る加工における「接触」は、例えばCMPのように物理的なエネルギー（応力）を被加工物に与えるために「押し付ける」ものではない。

【0018】

これにより、超純水等の流体18中の水分子20をイオン交換体12a、12bで水酸化物イオン22と水素イオン24に解離し、例えば生成された水酸化物イオン22を、被加工物10と加工電極14との間の電界と超純水等の流体18の流れによって、被加工物10の加工電極14と対面する表面に供給して、ここ

での被加工物 10 近傍の水酸化物イオン 22 の密度を高め、被加工物 10 の原子 10 a と水酸化物イオン 22 を反応させる。反応によって生成された反応物質 26 は、超純水 18 中に溶解し、被加工物 10 の表面に沿った超純水等の流体 18 の流れによって被加工物 10 から除去される。これにより、被加工物 10 の表面層の除去加工が行われる。

【0019】

このように、本加工法は純粋に被加工物との電気化学的相互作用のみにより被加工物の除去加工を行うものであり、CMP のような研磨部材と被加工物との物理的な相互作用及び研磨液中の化学種との化学的相互作用の混合による加工とは加工原理が異なるものである。この方法では、被加工物 10 の加工電極 14 と対面する部分が加工されるので、加工電極 14 を移動させることで、被加工物 10 の表面を所望の表面形状に加工することができる。

【0020】

なお、本発明に係る電解加工装置は、電気化学的相互作用による溶解反応のみにより被加工物の除去加工を行うため、CMP のような研磨部材と被加工物との物理的な相互作用及び研磨液中の化学種との化学的相互作用の混合による加工とは加工原理が異なるものである。したがって、材料の特性を損なわずに除去加工を行うことが可能であり、例えば上述した Low-k 材に挙げられる機械的強度の小さい材料に対しても、物理的な相互作用を及ぼすことなく除去加工が可能である。また、通常の電解液を用いる電解加工装置と比較しても、加工液に $500\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の流体、好ましくは純水、更に好ましくは超純水を用いるため、被加工物表面への汚染も大幅に低減させることが可能であり、また加工後の廃液の処理も容易となる。

【0021】

本発明の好ましい一態様は、上記フランジ部と上記チャッキング部材との間に形成される第 1 の圧力室を備え、上記第 1 の圧力室に流体を供給することにより該第 1 の圧力室を加圧して、上記チャッキング部材に保持された基板を上記加工電極に接触させることを特徴としている。

【0022】

本発明によれば、第 1 の圧力室に供給する流体の圧力を調整することにより、基板が加工電極に接触する圧力を任意に制御することができるので、基板と加工電極との間に発生する面圧を半導体デバイスを破壊する圧力よりも小さく抑えるように制御することができ、脆弱な材料を破壊することなく基板を加工することができる。

【0 0 2 3】

本発明の好ましい一態様は、上記第 1 の圧力室は、上記フランジ部、上記チャッキング部材、及び上記フランジ部と上記チャッキング部材とを連結する弾性部材により形成されることを特徴としている。

【0 0 2 4】

例えば、基板保持装置のフランジ部とシャフトとの間に球面軸受を設け、この球面軸受により基板保持装置全体をシャフトに対してチルトできるように構成した場合、フランジ部には球面軸受を中心とする回転モーメントが発生する。この回転モーメントは、球面軸受の中心からの距離に比例して大きくなるため、基板の被加工面と球面軸受の中心との距離が大きい場合には、条件によって安定した加工ができない場合がある。本発明によれば、このような球面軸受を用いておらず、フランジ部とチャッキング部材とを連結する弾性部材によりジンバル機構と第 1 の圧力室とが形成され、重心が低くなっている。また、チャッキング部材は、フランジ部に対して独立に上下動可能となっており、第 1 の圧力室内の流体の圧力に抗してフローティングするので、上述したような回転モーメントは小さいか、もしくはなくなる。

【0 0 2 5】

本発明の好ましい一態様は、上記チャッキング部材に所定の重量のウェイトを取り付けることにより、上記基板の上記加工電極に対する押圧力を調整することの特徴としている。このような構成によれば、適切な重量のウェイトをチャッキング部材に取り付けることによって、基板に作用する面圧を調整することができ、簡易な構造によって基板に作用する面圧を低くして低荷重の加工を実現することができる。

【0 0 2 6】

本発明の好ましい一態様は、上記チャッキング部材を下方に押圧するエアシリンダを更に備えたことを特徴としている。このような構成によれば、エアシリンダを適切に制御することによって、チャッキング部材を下方に押圧する力、すなわち基板に作用する面圧を調整することができ、基板に作用する面圧を低くして低荷重の加工を実現することができる。また、加工パラメータ等の変更が生じた場合であっても、エアシリンダの押圧力を制御するだけで、これに対応することができる。

【0027】

本発明の好ましい一態様は、上記チャッキング部材は、上記基板に連通する連通孔が形成されたチャッキングプレートと、上記チャッキングプレートの上方に配置されたストッパプレートと、上記チャッキングプレートと上記ストッパプレートとの間に形成される第2の圧力室とを備え、上記第2の圧力室から流体を吸引することにより該第2の圧力室を減圧して、上記基板を上記チャッキング部材に吸着させることを特徴としている。

【0028】

本発明の好ましい一態様は、上記フランジ部には、内方に突出する突出部を有するリテーナリングを取り付け、上記チャッキング部材には、上記リテーナリングの突出部に係合する突起を設けたことを特徴としている。このような構成においては、チャッキング部材の突起がリテーナリングの突出部に係合することにより、チャッキング部材の下方への移動が所定の位置までに制限される。

【0029】

本発明の好ましい一態様は、上記被加工物と加工電極又は給電電極の少なくとも一方との間に通水性を有する部材を配置したことを特徴としている。

【0030】

本発明の第4の態様は、電極と該電極の表面に取り付けられた加工部材とを有する複数の電極部材を並列に配置した電極部と、上記電極部材の加工部材に被加工物を接触自在に保持する保持部と、上記電極部の各電極部材の電極に接続される電源とを備え、上記複数の電極部材の間には、上記被加工物の表面に接触する接触部材を配置したことを特徴とする電解加工装置である。

【0031】

この場合において、上記接触部材に、上記被加工物の表面を傷つけない程度の弾性を有する材質により形成された緩衝部材を取り付けることが好ましい。また、上記加工部材はイオン交換体であることが好ましい。

【0032】

このような構成により、被加工物を電極部材の加工部材（イオン交換体）に接触させた場合には、被加工物の表面が接触部材により支持されることとなる。すなわち、被加工物をある程度加工部材（イオン交換体）に押し付けた後は、被加工物は接触部材の上面に接触するため、被加工物をそれ以上押し付けようとしても、その押圧力を接触部材が受けるので、被加工物と加工部材（イオン交換体）との接触面積は変化しない。このように、本発明によれば、被加工物が傾くことが防止され、接触面積が均一になるので、均一な加工を実現することができる。

【0033】

本発明の第5の態様は、加工電極と、被加工物に給電する給電電極と、上記被加工物としての基板を保持して上記加工電極及び上記給電電極に接触又は近接させる基板保持部と、上記加工電極と上記給電電極との間に電圧を印加する電源と、上記基板保持部で保持した上記被加工物と上記加工電極及び上記給電電極とを相対運動させる駆動部と、上記被加工物と上記加工電極との間、または上記被加工物と上記給電電極との間の少なくとも一方に流体を供給する流体供給部と、上記加工電極と上記被加工物との間の流体の流れと、上記給電電極と上記被加工物との間の流体の流れを少なくとも部分的に隔離する隔壁を備えたことを特徴とする電解加工装置である。

【0034】

この場合において、上記被加工物と上記加工電極又は上記給電電極の少なくとも一方との間にイオン交換体を配置することが好ましく、また、上記隔壁は、弾性体からなることが好ましい。この弾性体としては、例えば、不織布、発泡ポリウレタン、PVA スポンジ、ポリウレタンスポンジ又はイオン交換体等が挙げられる。

また、互いに隣接する上記隔壁により隔離された領域を流れる流体の流れを、

上記加工電極側または上記給電電極側の流れと、上記被加工物側の流れに分離する第2の隔壁を更に有することが好ましい。上記流体は、例えば、超純水、純水、電気伝導度（1 a t m，25℃換算、以下同じ）が $500\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の液体または電解液である。更に、互いに隣接する上記隔壁により隔離された領域を流れる流体を吸引する流体吸引部を有することが好ましい。

このような構成により、電気化学的加工である電解加工の際に、気泡（ガス）発生反応が主に生じる給電電極と被加工物との間を流れる液体の流れと、加工電極と被加工物との間を流れる液体の流れを少なくとも部分的に隔離し、独立して流れを制御することにより、発生する気泡を効果的に除去することができる。

【0035】

本発明の第6の態様は、複数の電極を配置した電極部と、上記電極に被加工物を接触乃至近接自在に保持する保持部と、上記電極部の各電極に接続される電源とを備え、上記複数の電極の間には、上記被加工物の表面に接触する接触部材を配置したことを特徴とする電解加工装置である。

【0036】

本発明の第7の態様は、加工電極と給電電極とを配置し、上記加工電極と上記給電電極との間に電圧を印加し、上記被加工物を上記加工電極に接触又は近接させ、上記加工電極と被加工物との間の流体の流れと、上記給電電極と被加工物との間の流体の流れとを隔壁により少なくとも部分的に隔離しつつ、上記被加工物と上記加工電極とを相対運動させて上記被加工物の表面を加工することを特徴とする電解加工方法である。この場合において、上記被加工物と上記加工電極又は上記給電電極の少なくとも一方との間にイオン交換体を配置することが好ましい。

【0037】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る電解加工装置の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の説明では、被加工物として基板を使用し、電解加工装置で基板を加工するようにした例を示しているが、本発明を基板以外にも適用できることは言うまでもない。

【 0 0 3 8 】

図 4 は、本発明の第 1 の実施形態における電解加工装置を備えた基板処理装置の構成を示す平面図である。図 4 に示すように、この基板処理装置は、例えば、図 1 (b) に示すように、表面に導電体膜（被加工物）としての銅膜 6 を有する基板 W を収納したカセットを搬出入する搬出入部としての一对のロード・アンロード部 3 0 と、基板 W を反転させる反転機 3 2 と、電解加工装置 3 4 とを備えている。これらの機器は直列に配置されており、これらの機器の間で基板 W を搬送して授受する搬送装置としての搬送ロボット 3 6 がこれらの機器と平行に配置されている。また、電解加工装置 3 4 による電解加工の際に、後述する加工電極と給電電極との間に印加する電圧又はこれらの間を流れる電流をモニタするモニタ部 3 8 がロード・アンロード部 3 0 に隣接して配置されている。

【 0 0 3 9 】

図 5 は、基板処理装置内の電解加工装置 3 4 を模式的に示す縦断面図である。図 5 に示すように、電解加工装置 3 4 は、上下動可能かつ水平方向に揺動自在なアーム 4 0 と、アーム 4 0 の自由端に垂設されて基板 W を下向き（フェイスダウン）に吸着保持する基板保持装置としての基板保持部 4 2 と、基板保持部 4 2 の下方に配置される円板状の電極部 4 4 と、電極部 4 4 に接続される電源 4 6 とを備えている。本実施形態では、電極部 4 4 の大きさは基板保持部 4 2 で保持する基板 W の外径よりも一回り大きな大きさに設定されている。

【 0 0 4 0 】

アーム 4 0 は、揺動用モータ 4 8 に連結された揺動軸 5 0 の上端に取り付けられており、揺動用モータ 4 8 の駆動に伴って水平方向に揺動するようになっている。また、この揺動軸 5 0 は、上下方向に延びるボールねじ 5 2 に連結されており、ボールねじ 5 2 に連結された上下動用モータ 5 4 の駆動に伴ってアーム 4 0 とともに上下動するようになっている。なお、揺動軸 5 0 にエアシリンダを連結し、このエアシリンダの駆動により揺動軸 5 0 を上下動してもよい。

【 0 0 4 1 】

基板保持部 4 2 は、基板保持部 4 2 で保持した基板 W と電極部 4 4 とを相対移動させる第 1 駆動部としての自転用モータ 5 6 にシャフト 5 8 を介して接続され

ており、この自転用モータ 5 6 の駆動に伴って回転（自転）するようになっている。また、上述したように、アーム 4 0 は上下動及び水平方向に揺動可能となっており、基板保持部 4 2 はアーム 4 0 と一体となって上下動及び水平方向に揺動可能となっている。

【0 0 4 2】

電極部 4 4 の下方には、基板 W と電極部 4 4 とを相対移動させる第 2 駆動部としての中空モータ 6 0 が設置されており、この中空モータ 6 0 の主軸 6 2 には、この主軸 6 2 の中心から偏心した位置に駆動端 6 4 が設けられている。電極部 4 4 は、その中央において上記駆動端 6 4 に軸受（図示せず）を介して回転自在に連結されている。また、電極部 4 4 と中空モータ 6 0 との間には、周方向に 3 つ以上の自転防止機構が設けられている。

【0 0 4 3】

図 6（a）は本実施形態における自転防止機構を示す平面図、図 6（b）は図 6（a）の A-A 線断面図である。図 6（a）及び図 6（b）に示すように、電極部 4 4 と中空モータ 6 0 との間には、周方向に 3 つ以上（図 6（a）においては 4 つ）の自転防止機構 6 6 が設けられている。図 6（b）に示すように、中空モータ 6 0 の上面と電極部 4 4 の下面の対応する位置には、周方向に等間隔に複数の凹所 6 8，7 0 が形成されており、これらの凹所 6 8，7 0 にはそれぞれ軸受 7 2，7 4 が装着されている。軸受 7 2，7 4 には、距離 e だけずれた 2 つの軸体 7 6，7 8 の一端部がそれぞれ挿入されており、軸体 7 6，7 8 の他端部は連結部材 8 0 により互いに連結される。ここで、中空モータ 6 0 の主軸 6 2 の中心に対する駆動端 6 4 の偏心量も上述した距離 e と同じになっている。したがって、電極部 4 4 は、中空モータ 6 0 の駆動に伴って、主軸 6 2 の中心と駆動端 6 4 との間の距離 e を半径とした、自転を行わない公転運動、いわゆるスクロール運動（並進回転運動）を行うようになっている。

【0 0 4 4】

また、図 5 に示すように、中空モータ 6 0 の中空部の内部には、電極部 4 4 の上面に純水、より好ましくは超純水を供給する純水供給部としての純水供給管 8 2 が配置されており、この純水供給管 8 2 から電極部 4 4 に形成された貫通孔（

図示せず) を介して電極部 4 4 の上面に純水又は超純水が供給されるようになっている。

【0 0 4 5】

図 7 は、基板保持部 4 2 及び電極部 4 4 を模式的に示す縦断面図である。図 7 に示すように、電極部 4 4 は、円板状の加工電極 8 4 と、この加工電極 8 4 の周囲を囲繞するリング状の給電電極 8 6 と、加工電極 8 4 と給電電極 8 6 とを分離するリング状の絶縁体 8 8 とを備えている。加工電極 8 4 の上面はイオン交換体 9 0 により、また給電電極 8 6 の上面はイオン交換体 9 2 によりそれぞれ覆われており、これらのイオン交換体 9 0, 9 2 は上記絶縁体 8 8 を介して互いに分離されている。

【0 0 4 6】

本実施形態では、加工電極 8 4 を電源 4 6 の陰極に接続し、給電電極 8 6 を電源 4 6 の陽極に接続しているが、加工材料によっては、電源 4 6 の陰極に接続される電極を給電電極とし、陽極に接続される電極を加工電極としてもよい。すなわち、被加工材料が例えば銅やモリブデン、鉄である場合には、陰極側に電解加工作用が生じるため、電源 4 6 の陰極に接続した電極が加工電極となり、陽極に接続した電極が給電電極となる。一方、被加工材料が例えばアルミニウムやシリコンである場合には、陽極側で電解加工作用が生じるため、電源 4 6 の陽極に接続した電極が加工電極となり、陰極に接続した電極が給電電極となる。

【0 0 4 7】

図 8 は基板保持部 4 2 の詳細を示す縦断面図、図 9 は図 8 の B-B 線断面図、図 1 0 は図 8 の C-C 線断面図である。図 8 に示すように、基板保持部 4 2 は、シャフト 5 8 の下端に図示しないボルトで固定された略円盤状のフランジ部 1 0 0 と、フランジ部 1 0 0 の外周部に配置されたりテーナリング 1 0 2 とを備えている。フランジ部 1 0 0 及びリテーナリング 1 0 2 の内部に画成された空間内には、基板保持部 4 2 によって保持される半導体基板 W に当接する概略円盤状のチャッキングプレート 1 0 4 と、チャッキングプレート 1 0 4 の上方に配置された概略円盤状のストッパプレート 1 0 6 とが収容されている。これらのチャッキングプレート 1 0 4 及びストッパプレート 1 0 6 は、基板 W を保持するチャッキン

グ部材を構成している。

【0048】

ここで、チャッキング部材（チャッキングプレート104及びストッパプレート106）を樹脂により形成することが好ましい。このように、チャッキング部材自体を軽量の樹脂で形成すれば、基板にかかるチャッキング部材の自重が軽くなるため、低荷重で加工を行うことができ、脆弱な材料を破壊することなく基板を加工することができる。このような樹脂としては、例えばポリフェニレンスルフィド（PPS）樹脂がある。なお、チャッキング部材を樹脂で形成せずに、例えばアルミナセラミックスのようなセラミックス板により形成してもよい。

【0049】

図8に示すように、フランジ部100とストッパプレート106との間には弾性膜からなる加圧シート108（弾性部材）が張設されている。この加圧シート108の一端は、フランジ部100の下面に取り付けられたホルダリング100aによって挟持され、他端はストッパプレート106に取り付けられたホルダリング106aによって挟持されている。フランジ部100、ストッパプレート106、及び加圧シート108によってフランジ部100の内部に第1の圧力室110が形成されている。なお、加圧シート108は、エチレンプロピレンゴム（EPDM）、ポリウレタンゴム、シリコンゴムなどの強度及び耐久性に優れたゴム材によって形成されている。

【0050】

図8及び図9に示すように、フランジ部100の上面には、第1の圧力室110に連通するコネクタ112が設けられている。このコネクタ112から延びるチューブ114（図9参照）を介して第1の圧力室110に流体を供給して第1の圧力室110を加圧し、あるいは、第1の圧力室110から流体を吸引して第1の圧力室110を減圧できるようになっている。したがって、被加工物である基板Wは、第1の圧力室110に供給された流体により任意の圧力でイオン交換体90、92に対して接触できるようになっている。

【0051】

また、チャッキングプレート104とストッパプレート106との間には第2

の圧力室 1 1 6 が形成されている。チャッキングプレート 1 0 4 とストッパプレート 1 0 6 との間には O リング 1 1 8 が配置されており、この O リング 1 1 8 により第 2 の圧力室 1 1 6 がシールされている。チャッキングプレート 1 0 4 には、第 2 の圧力室 1 1 6 と連通して下面に開口する多数の連通孔 1 2 0 が形成されている。

【 0 0 5 2 】

また、図 8 及び図 1 0 に示すように、ストッパプレート 1 0 6 の上面には、第 2 の圧力室 1 1 6 に連通するコネクタ 1 2 2 が設けられており、フランジ部 1 0 0 の下面には、コネクタ 1 2 2 から延びるチューブ 1 2 4 に接続されるコネクタ 1 2 6 が設けられている。このコネクタ 1 2 6 はフランジ部 1 0 0 の上面に設けられたコネクタ 1 2 8 に連通している。このコネクタ 1 2 8 から延びるチューブ 1 3 0（図 9 参照）を介して第 2 の圧力室 1 1 6 に流体を供給して第 2 の圧力室 1 1 6 を加圧し、あるいは、第 2 の圧力室 1 1 6 から流体を吸引して第 2 の圧力室 1 1 6 を減圧できるようになっている。すなわち、半導体基板 W の上面を真空によってチャッキングプレート 1 0 4 の下面に吸着でき、あるいは、半導体基板 W の上面に加圧流体を供給できるようになっている。この第 2 の圧力室 1 1 6 は上述した第 1 の圧力室 1 1 0 とは独立して圧力の制御が可能となっている。

【 0 0 5 3 】

図 8 に示すように、ストッパプレート 1 0 6 の外周部の下面には、基板 W の外周側に配置される環状のガイドリング 1 3 2 が取り付けられている。本実施形態では、基板 W をイオン交換体 9 0、9 2 に接触させた状態で、基板 W を回転させ、同時に電極部 4 4 をスクロール運動させたときに、ガイドリング 1 3 2 の一部が給電電極 8 6 及び加工電極 8 4 の上方に常に位置するようになっている。このガイドリング 1 3 2 は、例えばポリカーボネート又はポリクロロトリフルオロエチレン（P C T F E）樹脂から形成される。基板 W は、ガイドリング 1 3 2 及びチャッキングプレート 1 0 4 によって形成される凹部内に保持され、水平方向へのずれを制限するようになっている。

【 0 0 5 4 】

また、図 8 に示すように、フランジ部 1 0 0 の外周部には洗浄液路 1 3 4 が形

成されている。この洗浄液路 134 は、ガイドリング 132 の外周面とリテーナリング 102 の内周面との間のわずかな間隙 G へ連通されている。フランジ部 100 の上面には、洗浄液路 134 に連通するコネクタ 136 が設けられており、このコネクタ 136 から延びるチューブ 138（図 9 参照）を介して洗浄液路 134 及び間隙 G に洗浄液（純水）を供給できるようになっている。

【0055】

ここで、ガイドリング 132 の外周面とリテーナリング 102 の内周面との間には、わずかな間隙 G があるので、ストッパプレート 106、ガイドリング 132、及びチャッキングプレート 104 等のチャッキング部材は、フランジ部 100 及びリテーナリング 102 に対して上下方向に移動可能で、フローティングする構造となっている。すなわち、チャッキング部材は、シャフト 58 に固定されたフランジ部 100 に対してシャフト 58 の軸方向（上下方向）に移動自在となっており、いわゆるフローティング状態を得ることができる。図 11 に示すように、リテーナリング 102 の下部には、内方に突出する突出部 102a が設けられており、ストッパプレート 106 にはその外周縁部から外方に突出する突起 106b が複数箇所に設けられている。したがって、ストッパプレート 106 の突起 106b がリテーナリング 102 の突出部 102a の上面に係合することにより、上記ストッパプレート 106 等のチャッキング部材の下方への移動が所定の位置までに制限される。これにより、非研磨時に、ストッパプレート 106、ガイドリング 132、及びチャッキングプレート 104 等のチャッキング部材がリテーナリング 102 の突出部 102a により支持されるようになっている。

【0056】

次に、本実施形態における基板処理装置を用いた基板処理（電解加工）について説明する。まず、例えば、図 1（b）に示すように、表面に導電体膜（被加工部）として銅膜 6 を形成した基板 W を収納したカセットをロード・アンロード部 30 にセットし、このカセットから 1 枚の基板 W を搬送ロボット 36 で取り出す。搬送ロボット 36 は、取り出した基板 W を必要に応じて反転機 32 に搬送し、基板 W の導電体膜（銅膜 6）を形成した表面が下を向くように反転させる。

【0057】

搬送ロボット 36 は反転させた基板 W を受け取り、これを電解加工装置 34 に搬送し、基板保持部 42 に吸着保持させる。すなわち、基板保持部 42 内の第 2 の圧力室 116 から流体を吸引して、連通孔 120 を介してチャッキングプレート 104 の下面に半導体基板 W を真空吸着する。そして、アーム 40 を揺動させて基板 W を保持した基板保持部 42 を電極部 44 の直上方の加工位置まで移動させる。次に、上下動用モータ 54 を駆動して基板保持部 42 を下降させ、この基板保持部 42 で保持した基板 W を電極部 44 のイオン交換体 90, 92 の表面に接触させる。この場合において、基板保持部 42 は、基板 W がイオン交換体 90, 92 に接触する位置（あるいは接触する直前の位置）で位置決めされる。この状態で、自転用モータ 56（第 1 駆動部）を駆動して基板 W を回転させ、同時に中空モータ 60（第 2 駆動部）を駆動して電極部 44 をスクロール運動させる。このとき、電極部 44 の貫通孔から基板 W とイオン交換体 90, 92 との間に純水又は超純水を供給する。

【0058】

そして、電源 46 により加工電極 84 と給電電極 86 との間に所定の電圧を印加し、イオン交換体 90, 92 により生成された水素イオン又は水酸化物イオンによって、加工電極（陰極）において基板 W の表面の導電体膜（銅膜 6）の電解加工を行う。このとき、加工電極 84 と対面する部分において加工が進行するが、基板 W と加工電極 84 とを相対移動させることにより基板 W の全面の加工を行っている。加工中は、第 1 の圧力室 110 に流体を供給して基板 W を任意の圧力でイオン交換体 90, 92 に対して押圧する。すなわち、第 1 の圧力室 110 に供給する流体によって半導体基板 W がイオン交換体 90, 92 に接触される力を適宜調整して半導体基板 W の電解加工を行う。通常、第 2 の圧力室 116 から流体を吸引して基板 W をチャッキングプレート 104 の下面に吸着させながら電解加工を行うが、第 2 の圧力室 116 に流体を供給して基板 W に背圧をかけながら電解加工を行うこともできる。

【0059】

上述したように、加工中は、ストッパプレート 106 は、リテーナリング 102 と係合せず、フランジ部 100 及びリテーナリング 102 に対して独立して動

くことができるため、フローティングする。すなわち、加圧シート108の可撓性と、リテーナリング102の内周面とガイドリング132の外周面との間に形成された微小な間隙Gとにより、基板Wを保持したチャッキングプレート104はある程度自由に上下動できるようになっている。

【0060】

ここで、基板Wの外周側にはガイドリング132が設けられているが、ガイドリング132の少なくとも表面を導電性の材質から形成すれば、導電性材料の部分が広がるので、基板Wのエッジ部に電流密度が集中することなく、基板全面に亘って電流密度を一定にすることができ、基板Wの全面において加工速度を一定にして、均一な加工を安定して行うことが可能となる。この場合において、ガイドリング132の導電性の部分の材質としては、一般的な金属や金属化合物の他に、炭素、比較的不活性な貴金属、導電性酸化物又は導電性セラミックスを使用することができ、電気化学的に不活性なものをを用いることが好ましい。ガイドリング132として電気化学的に不活性なものをを用いた場合には、ガイドリング132は加工されないので、ガイドリング132の長寿命化を図ることができる。また、樹脂などの絶縁物に導電体をコーティングしたもの、例えば、白金などの酸化しにくい材料やイリジウムなどの導電性酸化物で基材の表面を保護したものをガイドリング132として用いることもできる。このようなガイドリング132は、例えば、チタンの基材の表面にめっきやコーティングで白金又はイリジウムを付着させ、高温で焼結して安定化と強度を保つ処理を行うことにより作製できる。また、セラミックス製品は、一般に無機物質を原料として熱処理によって得られ、各種の非金属・金属の酸化物・炭化物・窒化物などを原料として、様々な特性を持つ製品が作られているが、この中には導電性を有するセラミックスもある。

【0061】

電解加工中には、加工電極84と給電電極86との間に印加する電圧、又はこの間を流れる電流をモニタ部38でモニタして、エンドポイント（加工終点）を検知する。すなわち、同じ電圧（電流）を印加した状態で電解加工を行うと、材料によって流れる電流（印加される電圧）に違いが生じる。例えば、図12（a

）に示すように、表面に材料Bと材料Aとを順次成膜した基板Wの該表面に電解加工を施したときに流れる電流をモニタすると、材料Aを電解加工している間は一定の電流が流れるが、異なる材料Bの加工に移行する時点で流れる電流が変化する。同様に、加工電極と給電電極との間に印加される電圧にあっても、図12（b）に示すように、材料Aを電解加工している間は一定の電圧が印加されるが、異なる材料Bの加工に移行する時点で印加される電圧が変化する。なお、図12（a）は、材料Bを電解加工するときの方が、材料Aを電解加工するときよりも電流が流れにくくなる場合を、図12（b）は、材料Bを電解加工するときの方が、材料Aを電解加工するときよりも電圧が高くなる場合の例を示している。これにより、この電流又は電圧の変化をモニタすることでエンドポイントを確実に検知することができる。

【0062】

なお、モニタ部38で加工電極84と給電電極86との間に印加する電圧、又はこの間を流れる電流をモニタして加工終点を検知するようにした例を説明したが、このモニタ部38で、加工中の基板の状態の変化をモニタして、任意に設定した加工終点を検知するようにしてもよい。この場合、加工終点は、被加工面の指定した部位について、所望の加工量に達した時点、又は加工量と相関関係を有するパラメータが所望の加工量に相当する量に達した時点を指す。このように、加工の途中においても、加工終点を任意に設定して検知できるようにすることで、多段プロセスでの電解加工が可能となる。

【0063】

例えば、基板が異材料に達したときに生じる摩擦係数の違いによる摩擦力の変化や、基板の表面の凹凸を平坦化する際、凹凸を除去したことにより生じる摩擦力の変化等を検出することで加工量を判断し、加工終点を検出することとしてもよい。また、被加工面の電気抵抗による発熱や、加工面と被加工面との間に液体（純水）の中を移動するイオンと水分子の衝突による発熱が生じ、例えば基板の表面に堆積した銅膜を定電圧制御で電解研磨する際には、電解加工が進み、バリア層や絶縁膜が露出するのに伴って、電気抵抗が大きくなり電流値が小さくなって発熱量が順に減少する。したがって、この発熱量の変化を検出することで加工

量を判断し、加工終点を検出することとしてもよい。あるいは、異材料に達した時に生じる反射率の違いによる反射光の強度の変化を検出して、基板上の被加工膜の膜厚を検知し、これにより加工終点を検出してもよい。また、銅膜等の導電性膜の内部にうず電流を発生させ、基板の内部を流れるうず電流をモニタし、例えば周波数の変化を検出して、基板上の被加工膜の膜厚を検知し、これにより加工終点を検出してもよい。更に、電解加工にあつては、加工電極と給電電極との間を流れる電流値で加工レートが決まり、加工量は、この電流値と加工時間の積で求められる電気量に比例する。したがって、電流値と加工時間の積で求められる電気量を積算し、この積算値が所定の値に達したことを検出することで加工量を判断し、加工終点を検出してもよい。

【0064】

電解加工完了後、電源46の接続を切り、基板保持部42の回転と電極部44のスクロール運動を停止させ、しかる後、基板保持部42を上昇させ、アーム40を移動させて基板Wを搬送ロボット36に受け渡す。搬送ロボット36に基板Wを受け渡す際には、第2の圧力室116に流体（例えば、圧縮空気もしくは窒素と純水を混合したもの）を供給し、チャッキングプレート104の連通孔120からこの流体を噴射して半導体基板Wをリリースする。基板Wを受け取った搬送ロボット36は、必要に応じて反転機32に搬送して反転させた後、基板Wをロード・アンロード部30のカセットに戻す。

【0065】

ここで、電解加工中に基板Wとイオン交換体90, 92との間に供給する純水は、例えば電気伝導度が $10\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の水であり、超純水は、例えば電気伝導度が $0.1\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の水である。このように電解質を含まない純水又は超純水を使用して電解加工を行うことで、基板Wの表面に電解質等の余分な不純物が付着したり、残留したりすることをなくすることができる。更に、電解によって溶解した銅イオン等が、イオン交換体90, 92にイオン交換反応で即座に捕捉されるため、溶解した銅イオン等が基板Wの他の部分に再度析出したり、酸化されて微粒子となり基板Wの表面を汚染したりすることがない。

【0066】

また、純水又は超純水の代わりに電気伝導度 $500\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の液体、例えば純水又は超純水に電解質を添加した電解液を使用してもよい。電解液を使用することで、電気抵抗を低減して消費電力を削減することができる。この電解液としては、例えば、 NaCl や Na_2SO_4 等の中性塩、 HCl や H_2SO_4 等の酸、更には、アンモニア等のアルカリなどの溶液を使用することができ、被加工物の特性によって適宜選択して使用することができる。

【0067】

更に、純水又は超純水の代わりに、純水又は超純水に界面活性剤等を添加して、電気伝導度が $500\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下、好ましくは、 $50\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下、更に好ましくは、 $0.1\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下（比抵抗で $10\ \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上）にした液体を使用してもよい。このように、純水又は超純水に界面活性剤を添加することで、基板Wとイオン交換体90、92の界面にイオンの移動を防ぐ一様な抑制作用を有する層を形成し、これによって、イオン交換（金属の溶解）の集中を緩和して被加工面の平坦性を向上させることができる。ここで、界面活性剤濃度は、 $100\ \text{ppm}$ 以下が好ましい。なお、電気伝導度の値が高すぎると電流効率が下がり、加工速度が遅くなるが、 $500\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下、好ましくは、 $50\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下、更に好ましくは、 $0.1\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の電気伝導度を有する液体を使用することで、所望の加工速度を得ることができる。

【0068】

ここで、電極部44のイオン交換体90、92としては通水性に優れたものを使用することがより好ましい。純水又は超純水がイオン交換体90、92を通過するように流すことで、水の解離反応を促進させる官能基（強酸性陽イオン交換材料ではスルホン酸基）に十分な水を供給して水分子の解離量を増加させ、水酸化物イオン（もしくはOHラジカル）との反応により発生した加工生成物（ガスも含む）を水の流れにより除去して、加工効率を高めることができる。このような通水性を有する部材としては、例えば、通液性を有するスポンジ状の部材やナフィオン（デュポン社の商標）のような膜状部材に開孔を設けて通水性をもたせるようにしたものを使用することができる。

【0069】

上述したイオン交換体 90, 92 は、例えば、アニオン交換基又はカチオン交換基を付与した不織布で構成することができる。カチオン交換体は、好ましくは強酸性カチオン交換基（スルホン酸基）を担持したものであるが、弱酸性カチオン交換基（カルボキシル基）を担持したものでもよい。また、アニオン交換体は、好ましくは強塩基性アニオン交換基（4 級アンモニウム基）を担持したものであるが、弱塩基性アニオン交換基（3 級以下のアミノ基）を担持したものでもよい。

【0070】

ここで、例えば強塩基アニオン交換基を付与した不織布は、繊維径 20～50 μm で空隙率が約 90 % のポリオレフィン製の不織布に、 γ 線を照射した後グラフト重合を行ういわゆる放射線グラフト重合により、グラフト鎖を導入し、次に導入したグラフト鎖をアミノ化して第 4 級アンモニウム基を導入して作製される。導入されるイオン交換基の容量は、導入するグラフト鎖の量により決定される。グラフト重合を行うためには、例えばアクリル酸、スチレン、メタクリル酸グリシジル、更にはスチレンスルホン酸ナトリウム、クロロメチルスチレン等のモノマーを用い、これらのモノマー濃度、反応温度及び反応時間を制御することで、重合するグラフト量を制御することができる。したがって、グラフト重合前の素材の重量に対し、グラフト重合後の重量の比をグラフト率と呼ぶが、このグラフト率は、最大で 500 % が可能であり、グラフト重合後に導入されるイオン交換基は、最大で 5 meq/g が可能である。

【0071】

強酸性カチオン交換基を付与した不織布は、上記強塩基性アニオン交換基を付与する方法と同様に、繊維径 20～50 μm で空隙率が約 90 % のポリオレフィン製の不織布に、 γ 線を照射した後グラフト重合を行ういわゆる放射線グラフト重合により、グラフト鎖を導入し、次に導入したグラフト鎖を、例えば加熱した硫酸で処理してスルホン酸基を導入して作製される。また、加熱したリン酸で処理すればリン酸基が導入できる。ここでグラフト率は、最大で 500 % が可能であり、グラフト重合後に導入されるイオン交換基は、最大で 5 meq/g が可能である。

【 0 0 7 2 】

なお、イオン交換体 9 0 , 9 2 の素材の材質としては、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン系高分子、又はその他有機高分子が挙げられる。また素材形態としては、不織布の他に、織布、シート、多孔質材、短繊維等が挙げられる。ここで、ポリエチレンやポリプロピレンは、放射線（ γ 線と電子線）を先に素材に照射する（前照射）ことで、素材にラジカルを発生させ、次にモノマーと反応させてグラフト重合することができる。これにより、均一性が高く、不純物が少ないグラフト鎖ができる。一方、その他の有機高分子は、モノマーを含浸させ、そこに放射線（ γ 線、電子線、紫外線）を照射（同時照射）することで、ラジカル重合することができる。この場合、均一性に欠けるが、ほとんどの素材に適用できる。

【 0 0 7 3 】

このように、イオン交換体 9 0 , 9 2 をアニオン交換基又はカチオン交換基を付与した不織布で構成することで、純水又は超純水や電解液等の液体が不織布の内部を自由に移動して、不織布内部の水分解触媒作用を有する活性点に容易に到達することが可能となって、多くの水分子が水素イオンと水酸化物イオンに解離される。更に、解離によって生成した水酸化物イオンが純水又は超純水や電解液等の液体の移動に伴って効率良く加工電極 8 4 の表面に運ばれるため、低い印加電圧でも高電流が得られる。

【 0 0 7 4 】

ここで、イオン交換体 9 0 , 9 2 をアニオン交換基又はカチオン交換基の一方を付与したもののみで構成すると、電解加工できる被加工材料が制限されるばかりでなく、極性により不純物が生成しやすくなる。そこで、アニオン交換基を有するアニオン交換体とカチオン交換基を有するカチオン交換体とを重ね合わせたり、イオン交換体 9 0 , 9 2 自体にアニオン交換基とカチオン交換基の双方の交換基を付与するようにしたりしてもよく、これにより、被加工材料の範囲を拡大するとともに、不純物を生成しにくくすることができる。

【 0 0 7 5 】

また、電極は、電解反応により酸化又は溶出が一般に問題となる。このため、

電極の素材として、炭素、比較的不活性な貴金属、導電性酸化物又は導電性セラミックスを使用することが好ましい。電極が酸化すると電極の電気抵抗値が増加し、印加電圧の上昇を招くが、白金などの酸化しにくい材料やイリジウムなどの導電性酸化物で電極表面を保護すれば、電極素材の酸化による導電性の低下を防止することができる。

【0076】

本実施形態の基板保持装置（基板保持部）によれば、電解加工時の基板にかかる荷重を小さくすることができる。すなわち、基板Wがイオン交換体90、92に接触するまで基板保持部42を下降させた場合、加工時に基板Wにかかる荷重は、チャッキング部材（チャッキングプレート104、ストッパプレート106、ガイドリング132）の自重と、第1の圧力室110に供給される流体の圧力による荷重の和となる。したがって、第1の圧力室110に供給する流体の圧力を調整することにより、基板Wが加工電極84に接触する圧力を高精度で制御することができるので、基板Wと加工電極84との間に発生する面圧を半導体デバイスを破壊する圧力よりも小さく抑えるように制御することができ、脆弱な材料を破壊することなく基板を加工することができる。

【0077】

また、本発明に係る電解加工装置によれば、機械的研磨作用を伴わないので、CMPのように基板Wを強く押し付ける必要がない。基板Wの配線材料として脆弱な材料を用いる場合には、加工電極84もしくはイオン交換体90、92から基板Wが受ける押圧力が、 19.6 kPa (200 gf/cm^2) 以下、より好ましくは 6.86 kPa (70 gf/cm^2) 以下、更に好ましくは 686 Pa (7 gf/cm^2 、 0.1 psi) 以下になるように、第1の圧力室110に供給する流体の圧力を調整して低荷重で基板Wの加工を行うことが好ましい。

【0078】

なお、本実施形態においては、基板Wはチャッキングプレート106の下面に直接吸着されているが、チャッキングプレート106と基板Wとの間に弾性体からなるバックリングシートを介在させて基板Wを保持してもよい。また、本発明の基板保持装置は、純水や超純水を用いる電解加工に限られるものではなく、加工

液として電解液を用いる電解加工にも適用できるものである。加工液として電解液を用いた場合には、イオン交換体ではなく、基板表面から溶出した金属イオンを除去するためのスポンジ状の通液性部材を配置することが好ましい。

【0079】

図13は本発明の第2の実施形態における電解加工装置を模式的に示す平面図、図14は図13の縦断面図である。図13及び図14に示すように、本実施形態における電解加工装置234は、上下動可能かつ水平面に沿って往復運動可能なアーム240と、アーム240の自由端に垂設されて基板Wを下向き（フェイスダウン）に吸着保持する基板保持装置としての基板保持部242と、アーム240が取り付けられる可動フレーム244と、矩形状の電極部246と、電極部246に接続される電源248とを備えている。本実施形態では、電極部246の大きさは基板保持部242で保持する基板Wの外径よりも一回り大きな大きさに設定されている。なお、基板保持部242として、第1の実施形態で説明した基板保持装置を用いることができる。

【0080】

図13及び図14に示すように、可動フレーム244の上部には上下動用モータ250が設置されており、この上下動用モータ250には上下方向に延びるボールねじ252が連結されている。ボールねじ252にはアーム240の基部240aが取り付けられており、上下動用モータ250の駆動に伴ってアーム240がボールねじ252を介して上下動するようになっている。また、可動フレーム244自体も、水平方向に延びるボールねじ254に取り付けられており、往復運動用モータ256の駆動に伴って可動フレーム244及びアーム240が水平面に沿って往復運動するようになっている。

【0081】

基板保持部242は、アーム240の自由端に設置された自転用モータ258に接続されており、この自転用モータ258の駆動に伴って回転（自転）できるようになっている。また、上述したように、アーム240は上下動及び水平方向に往復運動可能となっており、基板保持部242はアーム240と一体となって上下動及び水平方向に往復運動可能となっている。

【0 0 8 2】

また、電極部 2 4 6 の下方には中空モータ 2 6 0 が設置されており、この中空モータ 2 6 0 の主軸 2 6 2 には、この主軸 2 6 2 の中心から偏心した位置に駆動端 2 6 4 が設けられている。電極部 2 4 6 は、その中央において上記駆動端 2 6 4 に軸受（図示せず）を介して回転自在に連結されている。また、電極部 2 4 6 と中空モータ 2 6 0 との間には、上述の第 1 の実施形態と同様に、周方向に 3 つ以上の自転防止機構が設けられている。したがって、中空モータ 2 6 0 の駆動により電極部 2 4 6 がスクロール運動（並進回転運動）を行うようになっている。

【0 0 8 3】

次に、本実施形態における電極部 2 4 6 について説明する。図 1 3 に示すように、本実施形態における電極部 2 4 6 は複数の電極部材 2 8 2 を備えている。図 1 5 は電極部 2 4 6 の縦断面図である。図 1 3 及び図 1 5 に示すように、電極部 2 4 6 は、X 方向（図 1 3 参照）に延びる複数の電極部材 2 8 2 を備えており、これらの電極部材 2 8 2 は平板状のベース 2 8 4 上に並列に等ピッチで配置されている。

【0 0 8 4】

図 1 5 に示すように、各電極部材 2 8 2 は、電源に接続される電極 2 8 6 と、電極 2 8 6 の表面を一体的に覆うイオン交換体（イオン交換膜） 2 9 0 とを備えている。イオン交換体 2 9 0 は、電極 2 8 6 の両側に配置された保持プレート 2 8 5 により電極 2 8 6 に取り付けられている。

【0 0 8 5】

このイオン交換体 2 9 0 は、上述の第 1 の実施形態のイオン交換体と同様に、例えば、アニオン交換基又はカチオン交換基を付与した不織布で構成されている。カチオン交換体は、好ましくは強酸性カチオン交換基（スルホン酸基）を担持したものであるが、弱酸性カチオン交換基（カルボキシル基）を担持したのもでもよい。また、アニオン交換体は、好ましくは強塩基性アニオン交換基（4 級アンモニウム基）を担持したものであるが、弱塩基性アニオン交換基（3 級以下のアミノ基）を担持したのもでもよい。また、イオン交換体 2 9 0 の素材の材質としては、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン系高分子、又はその

他有機高分子が挙げられる。また素材形態としては、不織布の他に、織布、シート、多孔質材、短繊維等が挙げられる。また、イオン交換体 290 の内部に C 膜（不織布イオン交換体）を配置して弾性を高めてもよい。

【0086】

本実施形態では、隣り合う電極部材 282 の電極 286 に、電源の陰極と陽極とが交互に接続されている。例えば、電極 286 a（図 15 参照）を電源 248 の陰極に接続し、電極 286 b（図 15 参照）を陽極に接続する。例えば、銅を加工する場合においては、陰極側に電解加工作用が生じるので、陰極に接続した電極 286 a が加工電極となり、陽極に接続した電極 286 b が給電電極となる。このように、本実施形態では、加工電極 286 a と給電電極 286 b とが並列に交互に配置される。

【0087】

加工材料によっては、電源の陰極に接続される電極を給電電極とし、陽極に接続される電極を加工電極としてもよい。すなわち、被加工材料が例えば銅やモリブデン、鉄である場合には、陰極側に電解加工作用が生じるため、電源の陰極に接続した電極 286 a が加工電極となり、陽極に接続した電極 286 b が給電電極となる。一方、被加工材料が例えばアルミニウムやシリコンである場合には、陽極側で電解加工作用が生じるため、電源の陽極に接続した電極 286 b が加工電極となり、陰極に接続した電極 286 a が給電電極となる。

【0088】

このように、加工電極 286 a と給電電極 286 b とを電極部 246 の Y 方向（電極部材 282 の長手方向と垂直な方向）に交互に設けることで、基板 W の導電体膜（被加工物）に給電を行う給電部を設ける必要がなくなり、基板 W の全面の加工が可能となる。また、電極 286 間に印加される電圧の正負をパルス状に変化させることで、電解生成物を溶解させ、加工の繰り返しの多重性によって平坦度を向上させることができる。

【0089】

ここで、電極部材 282 の電極 286 は、電解反応により、酸化又は溶出が一般に問題となる。このため、電極の素材として、電極に広く使用されている金属

や金属化合物よりも、炭素、比較的不活性な貴金属、導電性酸化物又は導電性セラミックスを使用することが好ましい。この貴金属を素材とした電極としては、例えば、下地の電極素材にチタンを用い、その表面にめっきやコーティングで白金又はイリジウムを付着させ、高温で焼結して安定化と強度を保つ処理を行ったものが挙げられる。セラミックス製品は、一般に無機物質を原料として熱処理によって得られ、各種の非金属・金属の酸化物・炭化物・窒化物などを原料として、様々な特性を持つ製品が作られている。この中に導電性を持つセラミックスもある。電極が酸化すると電極の電気抵抗値が増加し、印加電圧の上昇を招くが、このように、白金などの酸化しにくい材料やイリジウムなどの導電性酸化物で電極表面を保護することで、電極素材の酸化による導電性の低下を防止することができる。

【0090】

図15に示すように、電極部246のベース284の内部には、被加工面に純水、より好ましくは超純水を供給するための流路292が形成されており、この流路292は純水供給管294を介して純水供給源（図示せず）に接続されている。各電極部材282の両側には、基板Wの表面に接触する接触部材296が設置されている。この接触部材296の内部には、流路292に連通する連通孔296aが形成されており、この連通孔296aを介して純水又は超純水が基板Wと電極部材282のイオン交換体290との間に供給される。

【0091】

ここで、すべての電極部材282のイオン交換体290に対して基板Wが均一に接触することが理想的である。上述の第1の実施形態における基板保持装置においては、フランジ部とチャッキング部材とを連結する弾性部材によりジンバル機構が構成され、これにより基板Wが電極の表面に倣い均一に電極（イオン交換体）に接触するようになっている。しかしながら、本実施形態のように、弾性を有するイオン交換体を並列に配置した場合には、イオン交換体がCMPにおける研磨面ほどの剛性を持っていないため、図16（a）に示すように、電極部材282と基板Wとの相対運動や純水の供給等により基板Wが傾いて、イオン交換体290に均一に接触しないことが考えられる。特に、第1の実施形態の基板保持

装置は、第1の圧力室に供給される流体の圧力を調整して基板全面と電極との接触を制御しているため、複数の電極（イオン交換体）が配置された場合にはすべての電極（イオン交換体）に対して基板Wが均一に接触するように制御することは困難である。

【0092】

このような観点から、本実施形態では、各電極部材282の両側に接触部材296を設けている。この接触部材296の高さは、電極部材282のイオン交換体290の高さよりも少し低くなるように設定されている。したがって、基板Wを電極部材282のイオン交換体290に接触させた場合には、基板Wの表面が接触部材296により支持されることとなる。すなわち、図16（b）に示すように、基板Wをある程度イオン交換体290に押し付けた後は、基板Wは接触部材296の上面に接触するため、基板Wをそれ以上押し付けようとしても、その押圧力を接触部材296が受けるので、基板Wとイオン交換体290との接触面積は変化しない。このように、本実施形態では、基板Wが傾くことが防止され、接触面積が均一になるので、均一な加工を実現することができる。

【0093】

接触部材296の上面には、図16（b）に示すように、基板Wの表面を傷つけない程度の弾性を有する材質により形成された緩衝部材298を取り付けることが好ましい。このような緩衝部材298としては、例えばポリテックスパッド（ロデール社の商標）を用いることができる。

【0094】

また、各電極部材282の電極286の内部には、流路292からイオン交換体290に通じる貫通孔300が形成されている。このような構成により、流路292内の純水又は超純水は、貫通孔300を通してイオン交換体290に供給される。ここで、純水は、例えば電気伝導度が $10\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の水であり、超純水は、例えば電気伝導度が $0.1\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の水である。このように電解質を含まない純水又は超純水を使用して電解加工を行うことで、基板Wの表面に電解質等の余分な不純物が付着したり、残留したりすることをなくすることができる。更に、電解によって溶解した銅イオン等が、イオン交換体290にイオン

交換反応で即座に捕捉されるため、溶解した銅イオン等が基板Wの他の部分に再度析出したり、酸化されて微粒子となり基板Wの表面を汚染したりすることがない。

【0095】

また、第1の実施形態と同様に、純水又は超純水の代わりに電気伝導度 $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の液体や、任意の電解液、例えば純水又は超純水に電解質を添加した電解液を使用してもよい。更に、純水又は超純水の代わりに、純水又は超純水に界面活性剤等を添加して、電気伝導度が $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下、好ましくは、 $50 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下、更に好ましくは、 $0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下（比抵抗で $10 \text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上）にした液体を使用してもよい。

【0096】

なお、本発明は、イオン交換体を用いた電解加工に限られるものではない。例えば、加工液として電解液を用いた場合は、電極の表面に取り付けられる加工部材としては、イオン交換体に限られず、柔らかい研磨パッドや不織布のようなものであってもよい。その場合においても、上述した接触部材や基板保持装置は、良好な加工性能を得る上で有用である。

【0097】

このような構成の電解加工装置において、上述の第1の実施形態と同様にして、搬送ロボットから基板Wが電解加工装置234の基板保持部242に渡され、基板保持部242はこの基板Wを吸着保持する。そして、アーム240を移動させて基板Wを保持した基板保持部242を電極部246の直上方の加工位置まで移動させる。次に、上下動用モータ250を駆動して基板保持部242を下降させ、この基板保持部242で保持した基板Wを電極部246のイオン交換体290の表面に接触させる。この状態で、中空モータ260を駆動して電極部246をスクロール運動させる。このとき、接触部材296の連通孔296aから基板Wと電極部材282との間に純水又は超純水を供給し、また、各電極部246の貫通孔300を通じて純水又は超純水をイオン交換体290に含ませる。本実施形態では、イオン交換体290に供給された純水又は超純水は各電極部材282の長手方向端部から排出される。そして、電源248により加工電極286aと

給電電極 286b との間に所定の電圧を印加し、イオン交換体 290 により生成された水素イオン又は水酸化物イオンによって、加工電極（陰極）286a において基板 W の表面の導電体膜の電解加工を行う。

【0098】

ここで、複数の電極部材 282 を並列に配置した電極部 246 を使用した場合、基板 W の全面が電極 286（イオン交換体 90, 92）に接触するわけではなく、接触面積が比較的小さくなるので、基板 W 全面で接触する場合に比べて基板 W に作用する面圧が高くなってしまい、理想的な加工条件を実現することができないことがある。以下では、このような問題を解決するための基板保持装置について図 17 乃至図 19 を参照して説明する。なお、図 17 乃至図 19 において、上述の第 1 の実施形態における部材又は要素と同一の作用又は機能を有する部材又は要素には同一の符号を付し、特に説明しない部分については第 1 の実施形態と同様である。

【0099】

図 17 は、本発明の第 3 の実施形態における基板保持装置（基板保持部）を示す縦断面図である。図 17 に示す基板保持部 342 においては、フランジ部 100 の下面に取り付けられたホルダリング 100a, 100b によって加圧シート 308（弾性部材）が挟持されており、この加圧シート 308 の中央部はホルダリング 106a によってストッパプレート 106 に取り付けられている。すなわち、本実施形態では、フランジ部 100 と加圧シート 308 によって第 1 の圧力室 310 が形成されている。なお、フランジ部 100 の上面には通気孔 100c が形成されており、ストッパプレート 106 の上方の空間は大気圧に開放されている。

【0100】

上記第 1 の圧力室 310 は、第 1 の実施形態と同様に、コネクタ 112 に連通しており、コネクタ 112 を介して第 1 の圧力室 310 に流体を供給して、第 1 の圧力室 310 を加圧できるようになっている。本実施形態では、第 1 の圧力室 310 に供給される流体の圧力は、ストッパプレート 106 のホルダリング支持部 106c（図 17 参照）の上面にのみかかり、押圧面積が図 8 に示す基板保持

部に比べて小さくなっているので、基板Wにかかる面圧を低くして、低荷重の加工を実現することができる。

【0101】

図18は、本発明の第4の実施形態における基板保持装置（基板保持部）を示す縦断面図である。図18に示す基板保持部442においては、ストッパプレート106の上面に所定の重量のウェイト410が取り付けられている。このウェイト410は、フランジ部100の上面に形成された開口100dの内部に配置されており、チャッキング部材（チャッキングプレート104及びストッパプレート106）とともに上下動するようになっている。なお、本実施形態においては、フランジ部100とストッパプレート106との間には圧力室は形成されておらず、ストッパプレート106の上方の空間は大気圧に開放されている。

【0102】

このような構成の基板保持装置（基板保持部）によれば、適切な重量のウェイト410をチャッキング部材に取り付けることによって、基板Wに作用する面圧を調整することができ、簡易な構造によって基板Wに作用する面圧を低くして低荷重の加工を実現することができる。

【0103】

図19は、本発明の第5の実施形態における基板保持装置（基板保持部）を示す縦断面図である。図19に示す基板保持部542においては、フランジ部100の上面に、チャッキング部材（チャッキングプレート104及びストッパプレート106）を押圧するエアシリンダ510が取り付けられている。エアシリンダ510のロッド512は、フランジ部100に形成されたロッド孔100eに挿通されており、その先端がストッパプレート106のホルダリング106aに当接するようになっている。したがって、エアシリンダ510の駆動によって、ロッド512がストッパプレート106を押圧して、チャッキング部材を上下動させるようになっている。なお、本実施形態においては、フランジ部100とストッパプレート106との間には圧力室は形成されておらず、ストッパプレート106の上方の空間は大気圧に開放されている。

【0104】

このような構成の基板保持装置（基板保持部）によれば、エアシリンダ510を適切に制御することによって、チャッキング部材を下方に押圧する力、すなわち基板Wに作用する面圧を調整することができ、基板に作用する面圧を低くして低荷重の加工を実現することができる。また、加工パラメータ等の変更が生じた場合には、上述の第4の実施形態ではウェイト410の重量を変更して対応する必要があるが、本実施形態では、エアシリンダ510の押圧力を制御するだけで、このような加工パラメータ等の変更に対応することができる。

【0105】

図20は、本発明の第6実施形態における電解加工装置の要部を示す縦断面図で、図21は、図20の要部を拡大して示す要部拡大図である。図20に示すように、この電解加工装置600は、表面を下向きにして基板Wを吸着する基板保持部602と、矩形状の電極部604とを上下に備えている。この基板保持部602は、前述の図13乃至図16に示す第2実施形態の基板保持部242と同様に、上下動、左右動及び回転自在に構成されている。電極部604は、中空スクロールモータ606を備えており、この中空スクロールモータ606の駆動により、自転を行わない円運動、いわゆるスクロール運動（並進回転運動）を行うようになっている。

【0106】

電極部604は、直線状に延びる複数の電極部材608と、上方に開口する容器610とを備えており、複数の電極部材608は容器610内に並列に等ピッチで配置されている。更に、この容器610の上方に位置して、該容器610の内部に超純水や純水等の液体を供給する液体供給ノズル612が配置されている。各電極部材608は、装置内の電源に接続される電極614を備えており、この各電極614に電源の陰極と陽極とが交互に、つまり、電極614aに電源の陰極が、電極614bに陽極が交互に接続されている。これによって、前述と同様に、例えば、銅を加工する場合においては、陰極側に電解加工作用が生じるので、陰極に接続した電極614aが加工電極となり、陽極に接続した電極614bが給電電極となるようになっている。

【0107】

そして、この陰極に接続した加工電極 614 a にあつては、図 21 に詳細に示すように、この上部に、例えば不織布からなるイオン交換体 616 a が取り付けられ、この加工電極 614 a 及びイオン交換体 616 a は、液体の通過を遮断しイオンのみを通過可能に構成されたイオン交換膜からなる第 2 のイオン交換体 618 a で一体に覆われている。陽極に接続した給電電極 614 b にあつてもほぼ同様に、この上部に、例えば不織布からなるイオン交換体 616 b が取り付けられ、この加工電極 614 a 及びイオン交換体 616 b は、液体の通過を遮断しイオンのみを通過可能に構成されたイオン交換膜からなる第 2 のイオン交換体 618 b で一体に覆われている。これにより、不織布からなるイオン交換体 616 a, 616 b にあつては、電極 614 の長さ方向に沿った所定の位置に設けられた貫通孔（図示せず）を通過した超純水や液体が、この内部を自由に移動して、不織布内部の水分解触媒作用を有する活性点に容易に到達することができるが、この液体は、イオン交換膜からなるイオン交換体 618 a, 618 b で流れを遮断されて、このイオン交換体 618 a, 618 b が、下記の第 2 の隔壁を構成するようになっている。

【0108】

電源の陰極に接続された加工電極 614 a の両側には、一对の液体吸引ノズル 620 が配置され、この液体吸引ノズル 620 の内部には、長さ方向に沿って延びる流体流通路 620 a が設けられ、更に、長さ方向に沿った所定の位置に、上面に開口し流体流通路 620 a に連通する液体吸引孔 620 b が設けられている。更に、この流体流通路 620 a は、図 20 に示すように、液体排出路 621 に連通し、この液体排出路 621 から外部に排出されるようになっている。

【0109】

そして、加工電極 614 a と一对の液体吸引ノズル 620 は、一对のタップバー 622 を介して一体化され、一对のインサートプレート 624 に挟持されてベース 626 に固定されている。一方、給電電極 614 b は、その表面をイオン交換体 618 b で覆った状態で、一对の保持プレート 628 で挟持されてベース 626 に固定されている。

【0110】

なお、イオン交換体 616a, 616b は、例えば、アニオン交換基又はカチオン交換基を付与した不織布で構成されているが、アニオン交換基を有するアニオン交換体とカチオン交換基を有するカチオン交換体とを重ね合わせたり、イオン交換体 616a, 616b 自体にアニオン交換基とカチオン交換基の双方の交換基を付与するようにしたりしてもよく、また、素材の材質としては、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン系高分子、又はその他有機高分子が挙げられることは前述と同様である。また、電極部材 608 の電極 614 の素材として、電極に広く使用されている金属や金属化合物よりも、炭素、比較的の不活性な貴金属、導電性酸化物又は導電性セラミックスを使用することが好ましいことは前述と同様である。

【0111】

そして、各液体吸引ノズル 620 の上面には、例えば弾性を有する連続気孔多孔体からなる隔壁 630 がその長さ方向の全長にわたって取り付けられている。この隔壁 630 の肉厚は、基板保持部 602 で保持した基板 W を、電極部材 608 のイオン交換体 618a, 618b に接触乃至近接させて、この基板 W に電解加工を施す際に、この隔壁 630 の上面が基板保持部 602 で保持された基板 W に圧接する厚さに設定されている。これによって、電解加工を行う際に、電極部 604 と基板保持部 602 との間に、隔壁 630 で隔離された、加工電極 614a と基板 W との間に形成される流路 632 と、給電電極 614b と基板との間に形成される流路 634 が並列に形成され、しかも、加工電極 614a と基板 W との間に形成される流路 632 は、イオン交換膜で構成された第 2 の隔壁としてのイオン交換体 618a で 2 つの流路 632a, 632b に隔離され、給電電極 614b と基板 W との間に形成される流路 634 は、イオン交換膜で構成された第 2 の隔壁としてのイオン交換体 618b で 2 つの流路 634a, 634b に隔離されるようになっている。

【0112】

そして、これらの流路 632, 634 に沿って流れる流体は、液体排出路 621 に接続した吸引ポンプを駆動することによって、隔壁 630 の内部を通過した後、液体吸引孔 620b、流体流通路 620a 及び液体排出路 621 を通過して

外部に排出される。なお、このように、隔壁 630 として、連続気孔多孔体を使用すると、液体の流れを完全に隔離（遮断）することはできず部分的に隔離することになるが、液体の隔離は、液体を完全に隔離（遮断）する必要はなく、液体の流れをある程度妨げられればよい。

この隔壁 630 を構成する弾性を有する連続気孔多孔体としては、ポリウレタンスポンジを挙げることができるが、この隔壁 630 を、不織布、発泡ポリウレタン、PVD スポンジまたはイオン交換体で構成するようにしてもよい。

【0113】

本実施形態では、容器 610 の内部は液体供給ノズル 612 から供給された超純水や純水等の液体で満たされ、一方、電極 614 に設けた貫通孔（図示せず）から加工電極 614a 及び給電電極 614b の上部に配置された不織布からなるイオン交換体 616a, 616b に超純水や純水等の液体が供給された状態で電解加工が行われる。容器 610 の外側には、この容器 610 の外周壁 610a をオーバーフローした液体を排出するオーバーフロー路 636 が設けられており、外周壁 610a をオーバーフローした液体は、オーバーフロー路 636 を介して排液タンク（図示せず）に入るようになっている。

【0114】

この電解加工時に、液体排出路 621 に接続した吸引ポンプを駆動することによって、加工電極 614a と基板 W との間に形成される流路 632 と、給電電極 614b と基板との間に形成される流路 634 に沿って流れる流体を外部に排出するのであり、これにより、電気化学的加工である電解加工の際に、気泡（ガス）発生反応が主に生じる給電電極 614b と基板 W との間を流れる液体の流れと、加工電極 614a と基板 W との間を流れる液体の流れを少なくとも部分的に隔離し、独立して流れを制御することにより、発生する気泡を効果的に除去することができる。

【0115】

このように、いわゆるマルチバー電極系において、例えばポリウレタンスポンジからなる隔壁 630 に用いて、加工電極 614a と基板 W との間に形成される流路 632 と、給電電極 614b と基板との間に形成される流路 634 とを隔離

した場合、ピットの発生量は、約1桁減少することが確認されている。これは、①隔壁により給電電極側の気泡の被加工物表面への到達が遮断されたこと、②隔壁により加工電極側の流路が制限（流路断面積が減少）されることで、加工電極側の超純水の流速が増加したことの2つが原因として考えられる。

【0116】

図22は、電極部604の変形例を示すもので、この例は、隔壁630aとして、例えばゴム製の弾性体で、かつ通液性がないものを使用し、更に、液体吸引ノズル620として、隔壁630aの両側に開口する2つの液体吸引孔620cを有するものを使用したものである。その他の構成は、前述の例と同様である。この例によれば、加工電極614aと基板Wとの間に形成される流路632と、給電電極614bと基板との間に形成される流路634との隔離を完全なものとすることができる。

【0117】

なお、図示しないが、加工電極の両側に配置する一对の液体吸引ノズルの一方の代わりに、長手方向に沿った所定位置に液体供給孔を設けた液体供給ノズルを使用し、液体供給ノズルによる液体の供給と液体吸引ノズルによる液体の吸引とを同時に行うことで、加工電極614aと基板Wとの間に形成される流路632に沿って流れる流体と、給電電極614bと基板との間に形成される流路634に沿って流れる流体の流れをより確実に制御して、隔壁を越えて隣接する空間へ流れる流体の量を減らすようにすることができる。また、加工電極の両側に配置されるノズルの両方を液体供給ノズルとして、電極に沿った液体流れを押し出すことにより形成してもよい。この時も、容器610の内部を液体で満たし、基板を浸漬した状態で加工させるため、液体供給ノズル612から加工液を供給するのが望ましい。

【0118】

また、前述の実施形態では電極にイオン交換体を装着した例を示しているが、電極の形状や加工に用いる液体は、特に限定されない。隣り合う電極の間に、接触部材296や隔壁630を設けるようにすればよい。即ち、電極の形状は、棒状のものに限られず、被加工物に対して複数の電極が対向するようにした任意の

形状が選択される。電極にイオン交換体以外の通液性スクラブ部材を取付けるようにしてもよい。また、接触部材や隔壁を電極面よりも高くして、被加工物と電極が直接接しないようにすることで、電極の表面を露出させることができる。電極表面にイオン交換体を装着しない場合でも、被加工物と電極の間の流体の流れを仕切る第2の隔壁はあった方が好ましい。

【0119】

これまで本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことは言うまでもない。

【0120】

【発明の効果】

上述したように、本発明によれば、基板等の被加工物に物理的な欠陥を与えて被加工物の特性を損なうことを防止しつつ、電気化学的作用によって、例えばCMPに代わる電解加工等を施すことができ、これによって、CMP処理そのものを省略したり、CMP処理の負荷を低減したり、更には基板等の被加工物の表面に付着した付着物を除去（洗浄）することができる。しかも、純水又は超純水のみを使用しても基板を加工することができ、これによって、基板の表面に電解質等の余分な不純物が付着したり、残留したりすることをなくして、除去加工後の洗浄工程を簡略化できるばかりでなく、廃液処理の負荷を極めて小さくすることができる。

【0121】

また、第1の圧力室に供給する流体の圧力を調整することにより、基板が加工電極に接触する圧力を任意に制御することができるので、基板と加工電極との間に発生する面圧を半導体デバイスを破壊する圧力よりも小さく抑えるように制御することができ、脆弱な材料を破壊することなく基板を加工することができる。

【0122】

また、適切な重量のウェイトをチャッキング部材に取り付けることによって、基板に作用する面圧を調整することができ、簡易な構造によって基板に作用する面圧を低くして低荷重の加工を実現することができる。

【0123】

また、エアシリンダを適切に制御することによって、チャッキング部材を下方に押圧する力、すなわち基板に作用する面圧を調整することができ、基板に作用する面圧を低くして低荷重の加工を実現することができる。また、加工パラメータ等の変更が生じた場合であっても、エアシリンダの押圧力を制御するだけで、これに対応することができる。

【0124】

また、被加工物がある程度イオン交換体に押し付けた後は、被加工物は接触部材の上面に接触するため、接触面積が均一になり、均一な加工を実現することができる。

更に、主に給電電極において発生する気泡の効果的な除去が可能となり、これによって気泡の発生に起因する被加工物表面へのピット発生を防止することが可能となる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

銅配線基板の一製造例を工程順に示す図である。

【図2】

加工電極及び給電電極を基板（被加工物）に近接させ、加工電極及び給電電極と基板（被加工物）との間に純水又は電気伝導度が $500\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の液体を供給するようにしたときの本発明による電解加工の原理の説明に付する図である。

【図3】

加工電極のみにイオン交換体を取り付けて、加工電極と基板（被加工物）との間に液体を供給するようにしたときの本発明による電解加工の原理の説明に付する図である。

【図4】

本発明の第1の実施形態における電解加工装置を備えた基板処理装置の構成を示す平面図である。

【図5】

図 4 に示す基板処理装置の電解加工装置を模式的に示す縦断面図である。

【図 6】

図 6 (a) は図 5 の電解加工装置における自転防止機構を示す平面図、図 6 (b) は図 6 (a) の A-A 線断面図である。

【図 7】

図 5 の電解加工装置における基板保持部及び電極部を模式的に示す縦断面図である。

【図 8】

図 5 の電解加工装置における基板保持部の詳細を示す縦断面図である。

【図 9】

図 8 の B-B 線断面図である。

【図 10】

図 8 の C-C 線断面図である。

【図 11】

図 8 の部分拡大図である。

【図 12】

図 12 (a) は、異なる材料を成膜した基板の表面に電解加工を施したときに流れる電流と時間の関係を、図 12 (b) は、同じく印加される電圧と時間の関係をそれぞれ示すグラフである。

【図 13】

本発明の第 2 の実施形態における電解加工装置を模式的に示す平面図である。

【図 14】

図 13 の縦断面図である。

【図 15】

図 13 の電解加工装置における電極部を示す縦断面図である。

【図 16】

図 16 (a) 及び図 16 (b) は本発明の第 2 の実施形態における電解加工装置の作用を説明するための模式図であり、図 16 (a) は接触部材を設けない場合を示す図、図 16 (b) は接触部材を設けた場合を示す図である。

【図 1 7】

本発明の第 3 の実施形態における基板保持部を示す縦断面図である。

【図 1 8】

本発明の第 4 の実施形態における基板保持部を示す縦断面図である。

【図 1 9】

本発明の第 5 の実施形態における基板保持部を示す縦断面図である。

【図 2 0】

本発明の第 6 の実施形態における電解加工装置の要部を示す断面図である。

【図 2 1】

図 2 0 の一部を拡大して示す要部拡大図である。

【図 2 2】

電極部の変形例を示す図 2 1 相当図である。

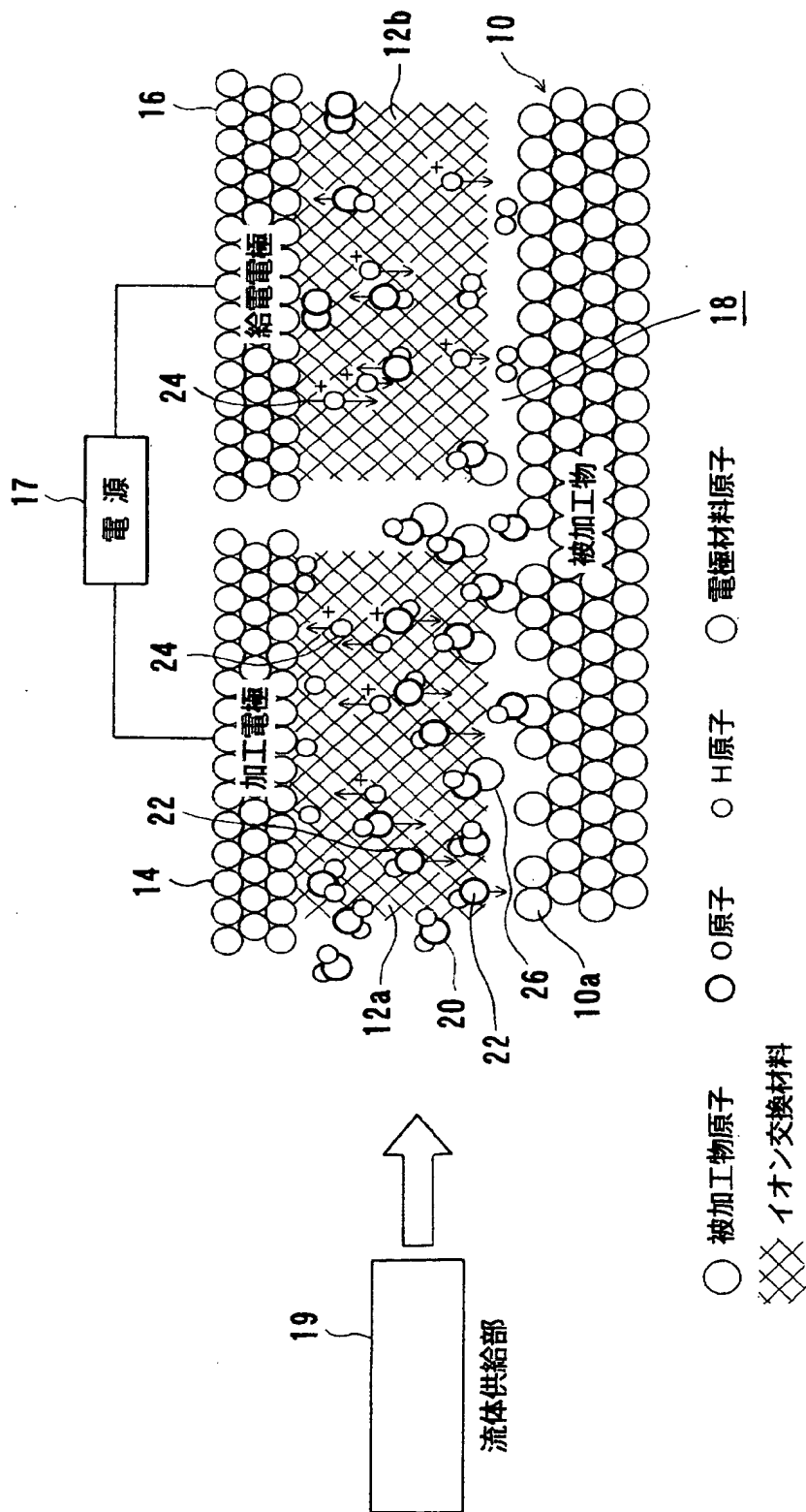
【符号の説明】

- 6 銅膜（導電体膜）
- 7 シード層
- 1 0 被加工物
- 1 2 a, 1 2 b イオン交換体
- 1 4 加工電極
- 1 6 給電電極
- 1 7 電源
- 1 8 超純水
- 1 9 流体供給部
- 2 0 水分子
- 2 2 水酸化物イオン
- 2 4 水素イオン
- 2 6 反応物質
- 3 0 ロード・アンロード部
- 3 2 反転機
- 3 4, 2 3 4, 6 0 0 電解加工装置

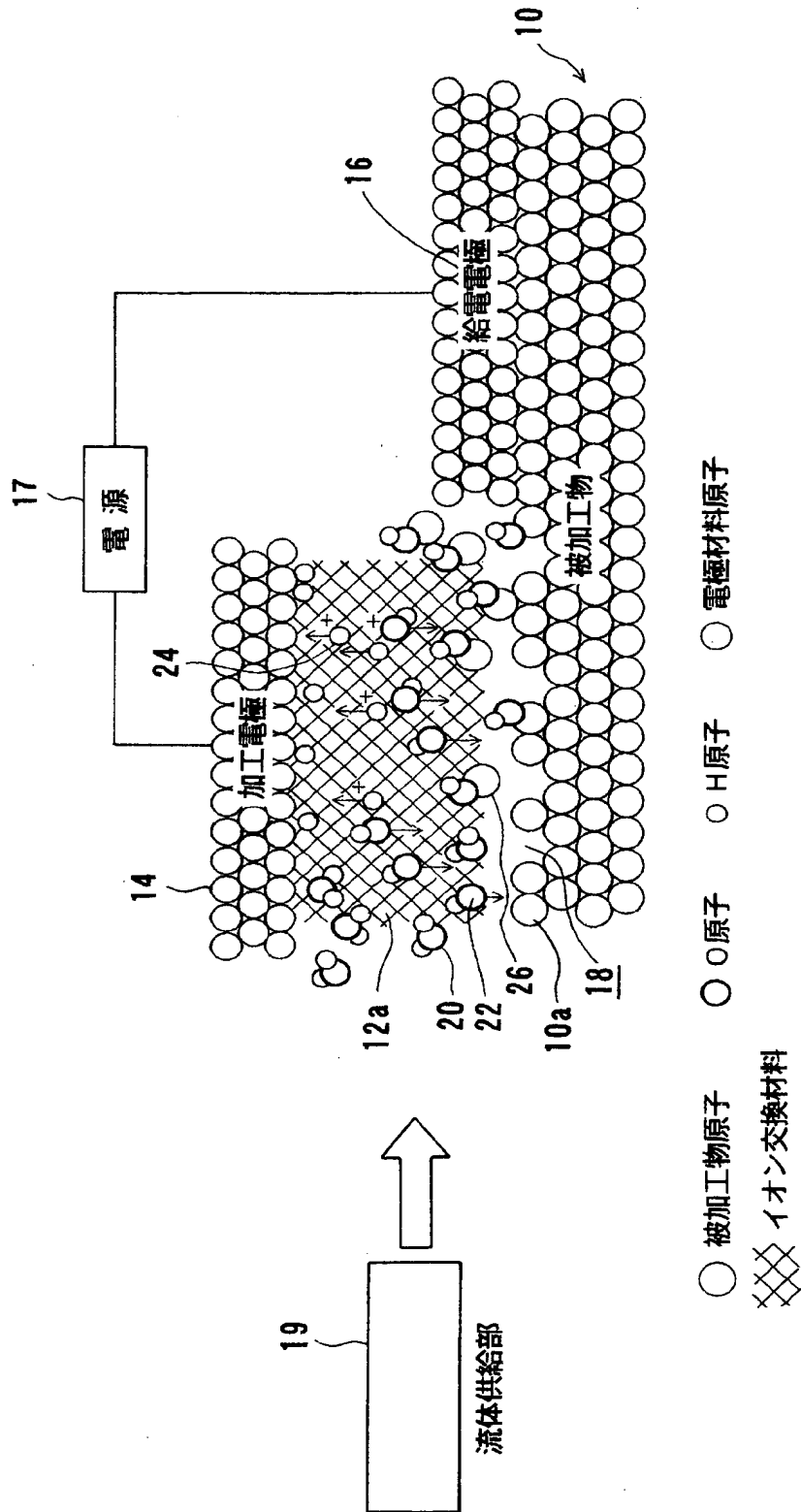
- 3 6 搬送ロボット
3 8 モニタ部
4 0, 2 4 0 アーム
4 2, 2 4 2, 3 4 2, 4 4 2, 5 4 2, 6 0 2 基板保持部（基板保持装置）
4 4, 2 4 6, 6 0 4 電極部
4 6, 2 4 8 電源
4 8 揺動用モータ
5 0 揺動軸
5 2, 2 5 2, 2 5 4 ボールねじ
5 4, 2 5 0 上下動用モータ
5 6, 2 5 8 自転用モータ
5 8 シャフト
6 0, 2 6 0 中空モータ
6 2, 2 6 2 主軸
6 4, 2 6 4 駆動端
8 2, 2 9 4 純水供給管
8 4, 2 8 6 a, 6 1 4 a 加工電極
8 6, 2 8 6 b, 6 1 4 b 給電電極
8 8 絶縁体
9 0, 9 2, 2 9 0, 6 1 6 a, 6 1 6 b, 6 1 8 a, 6 1 8 b イオン交換体
1 0 0 フランジ部
1 0 2 リテーナリング
1 0 2 a 突出部
1 0 4 チャッキングプレート
1 0 6 ストッププレート
1 0 6 a 突起
1 0 8, 3 0 8 加圧シート（弾性部材）

1 1 0, 3 1 0 第 1 の圧力室
1 1 2, 1 2 2, 1 2 6, 1 2 8, 1 3 6 コネクタ
1 1 4, 1 2 4, 1 3 0, 1 3 8 チューブ
1 1 6 第 2 の圧力室
1 1 8 Oリング
1 2 0 連通孔
1 3 2 ガイドリング
1 3 4 洗浄液路
2 4 4 可動フレーム
2 5 6 往復運動用モータ
2 8 2 電極部材
2 8 4 ベース
2 8 5 保持プレート
2 8 6 電極
2 9 2 流路
2 9 6 接触部材
2 9 8 緩衝部材
4 1 0 ウェイト
5 1 0 エアシリンダ
5 1 2 ロッド

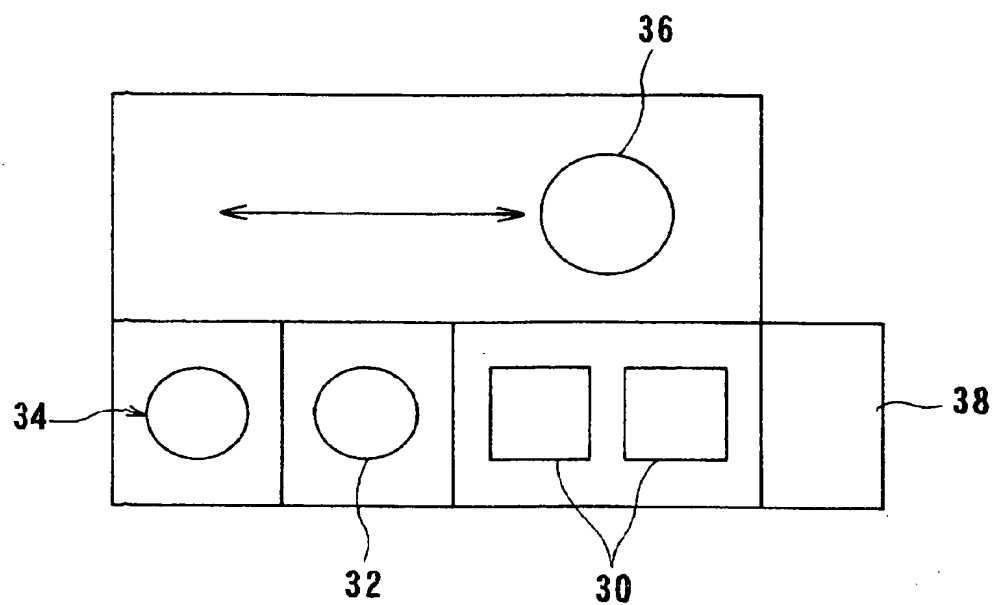
【図 2】



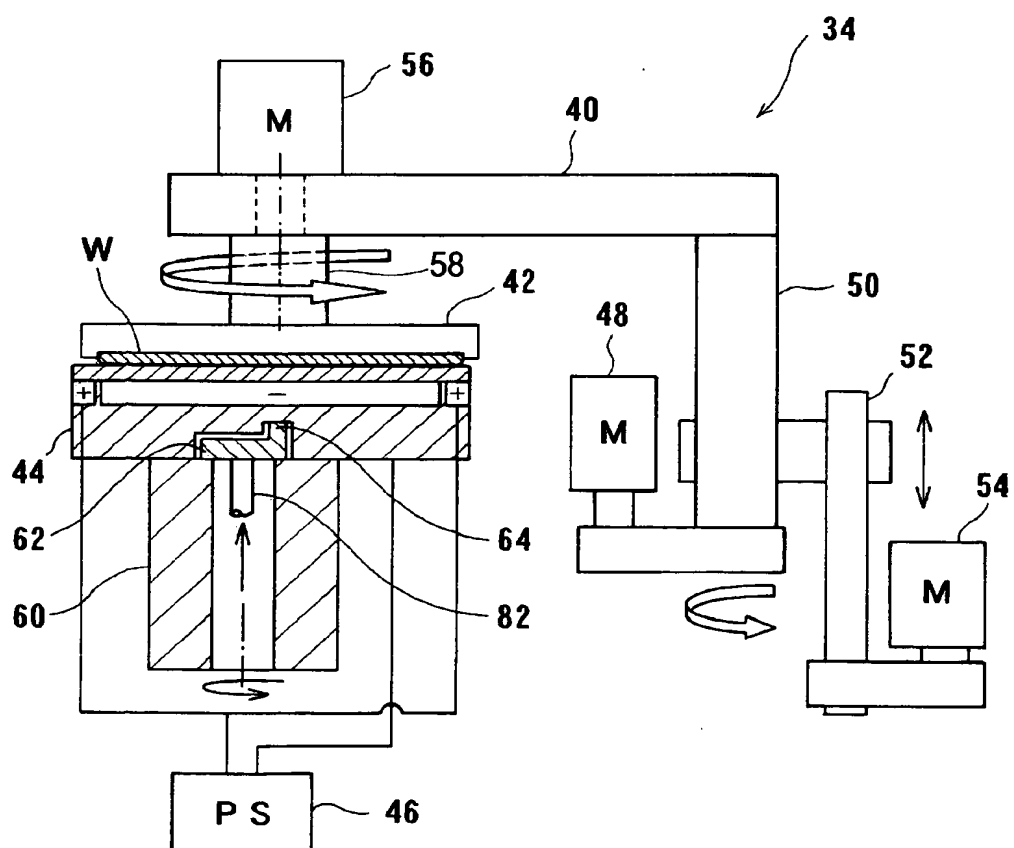
【図 3】



【図 4】

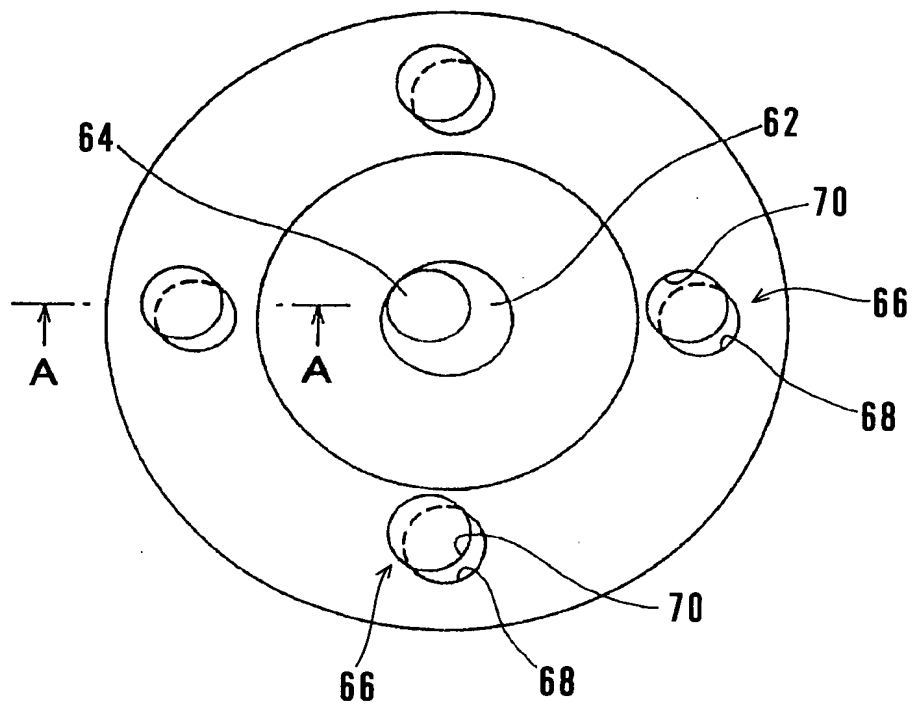


【図 5】

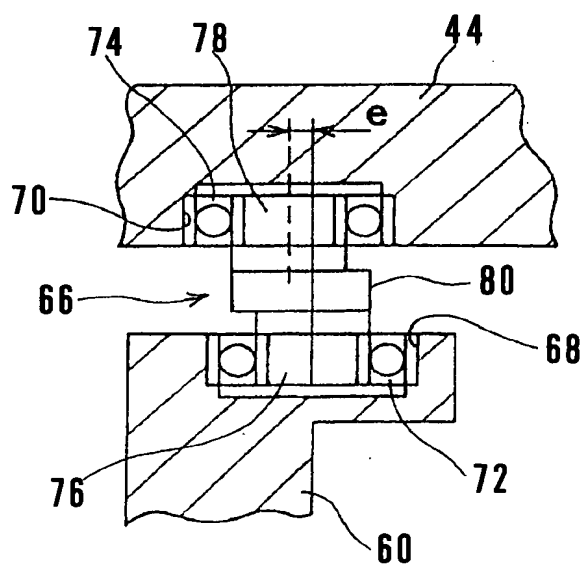


【図6】

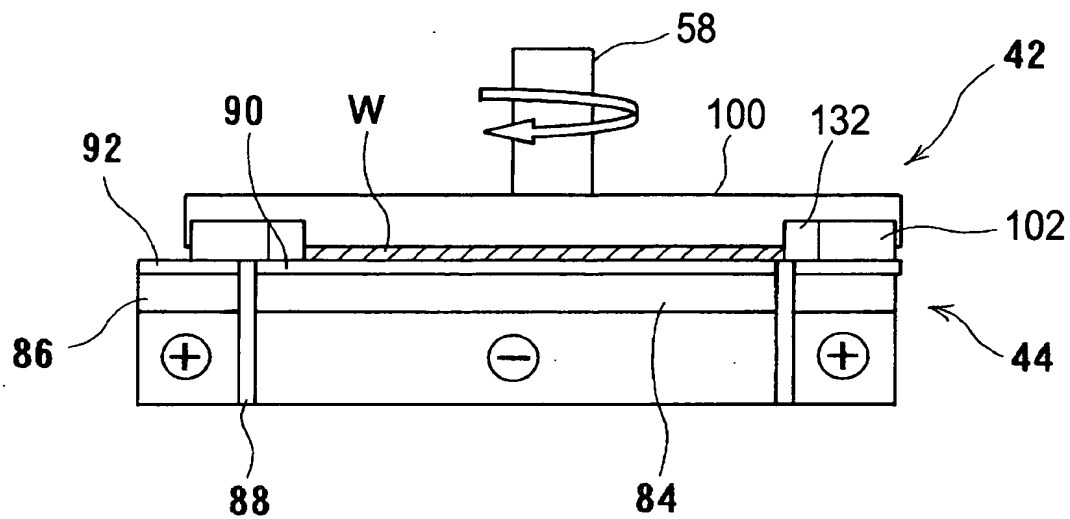
(a)



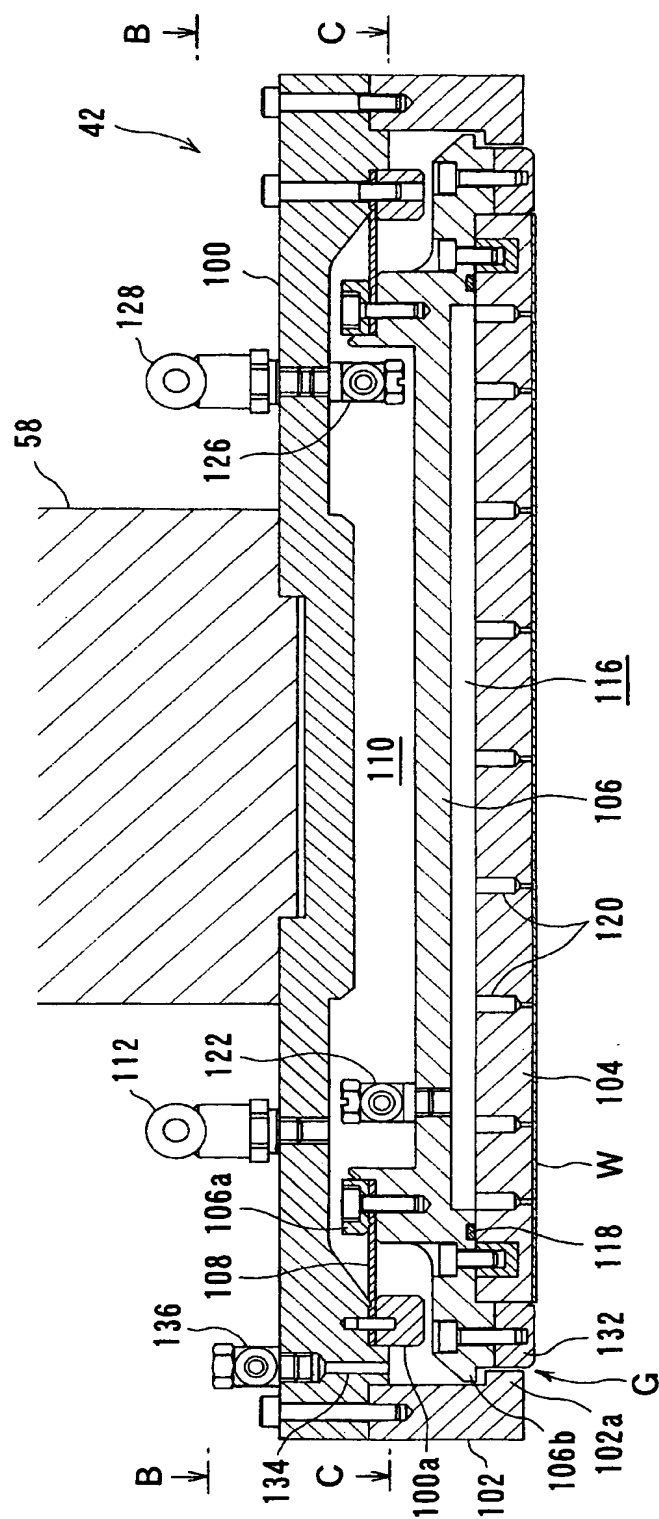
(b)



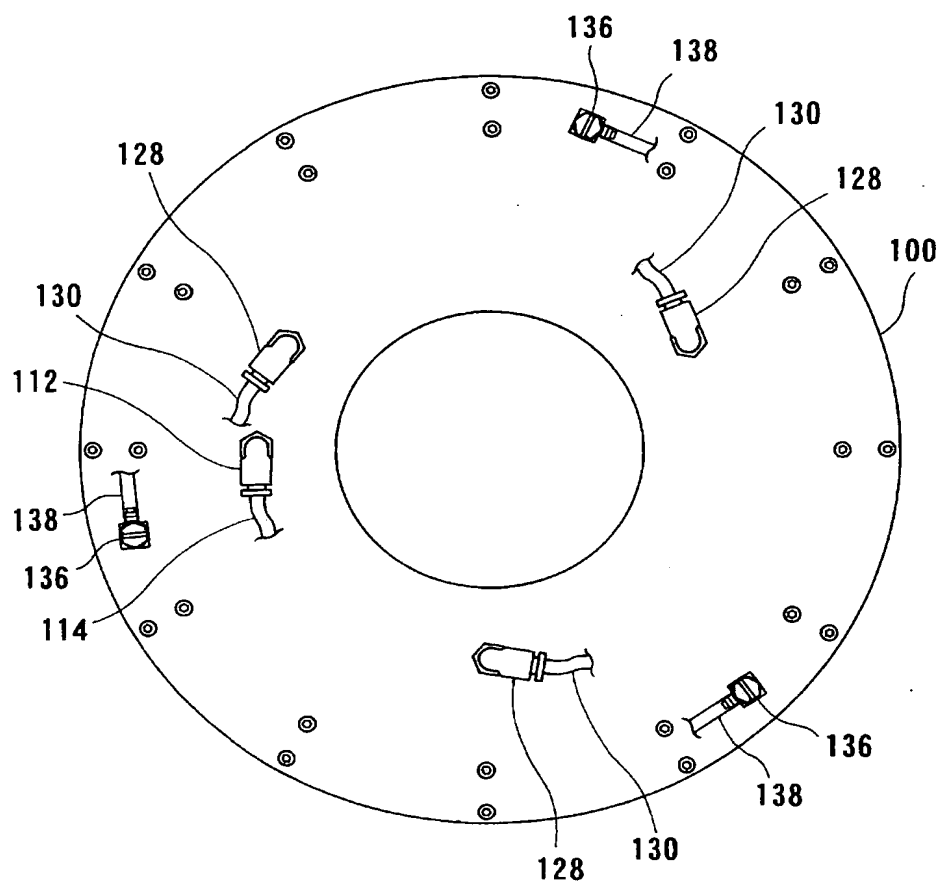
【図 7】



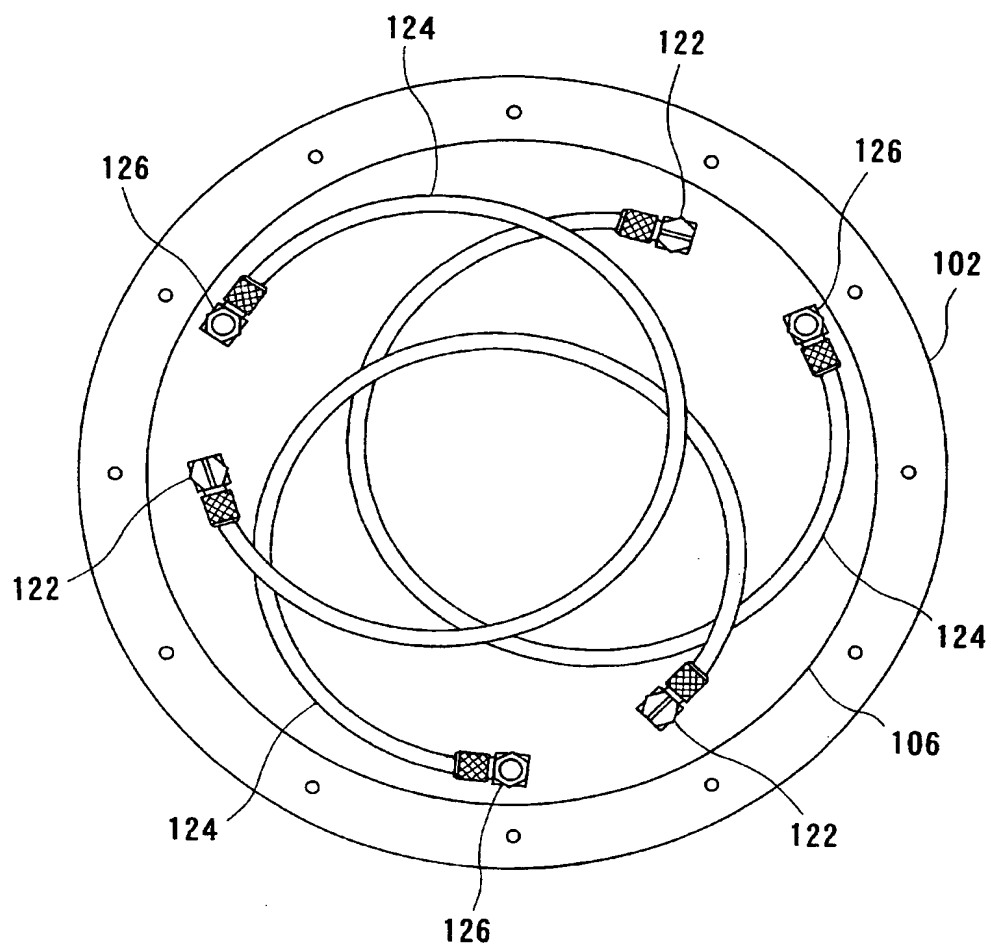
【図 8】



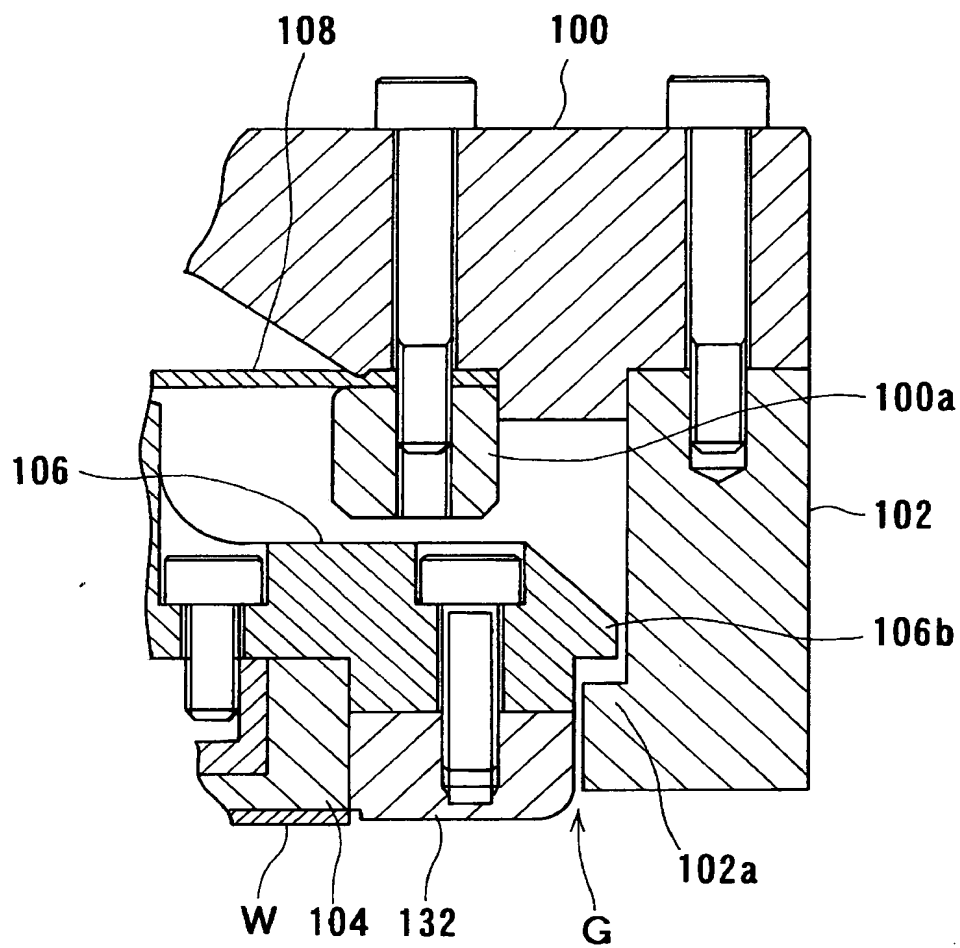
【図 9】



【図 10】

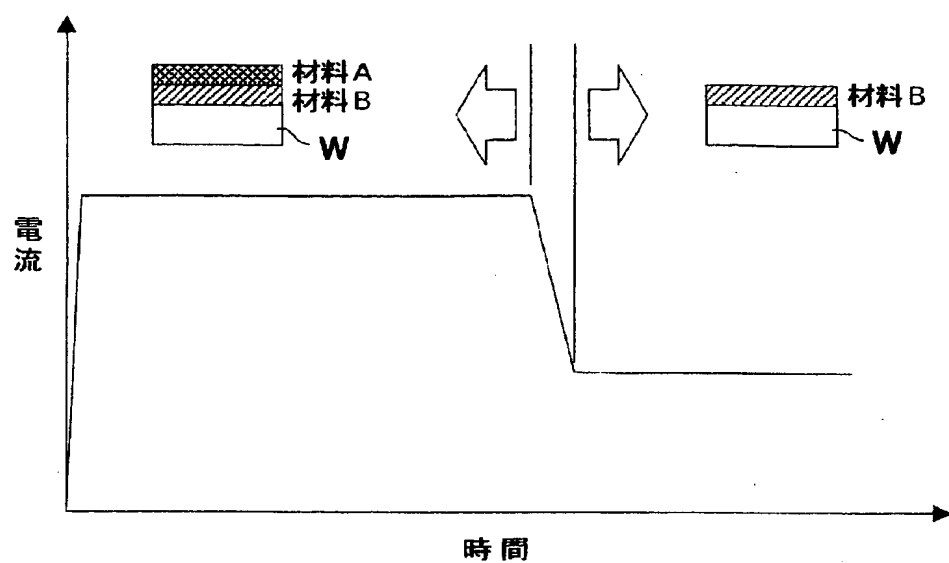


【図 11】

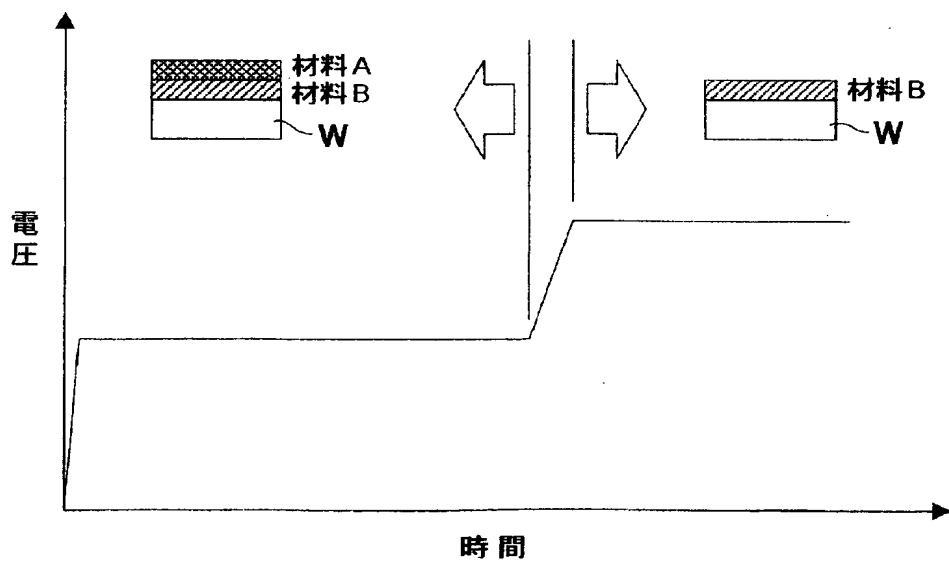


【図 12】

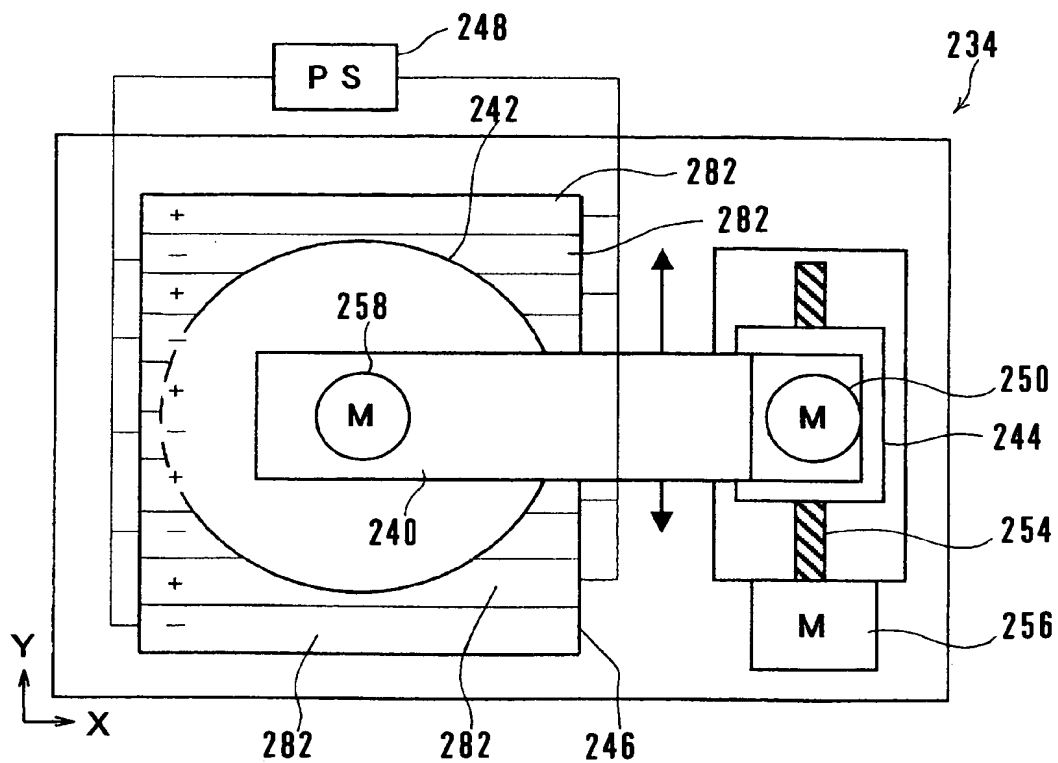
(a)



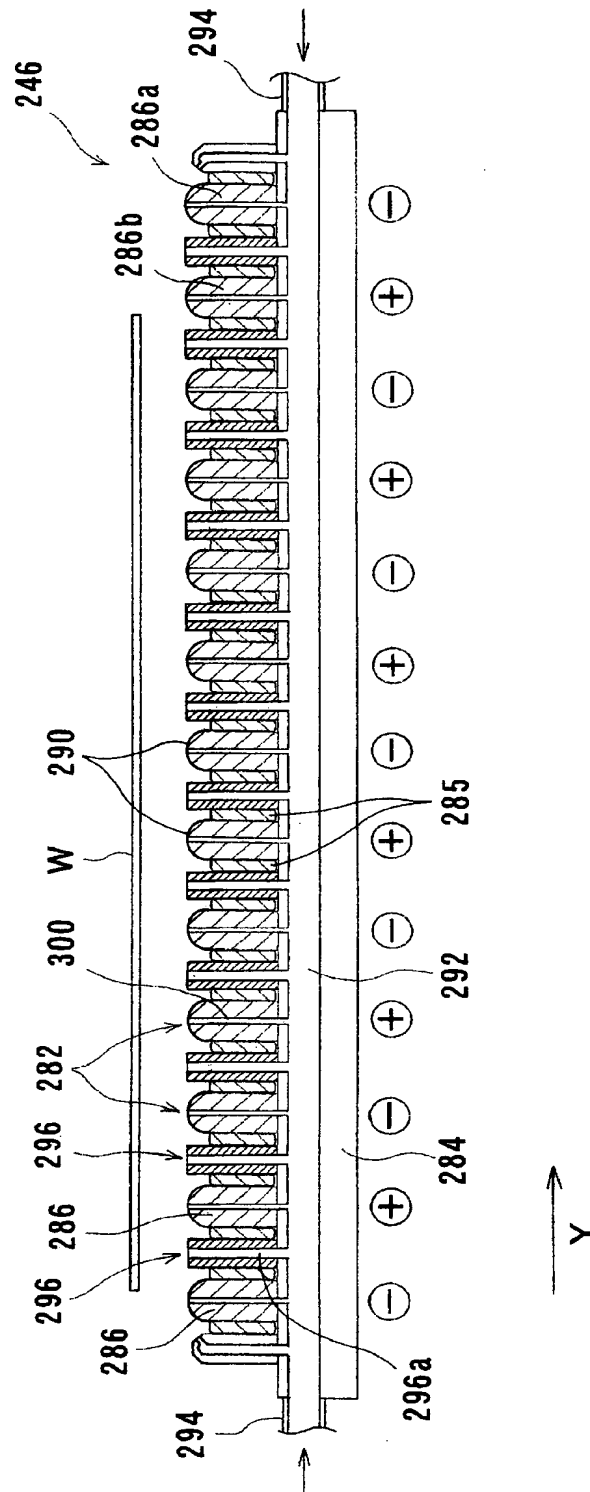
(b)



【図 13】

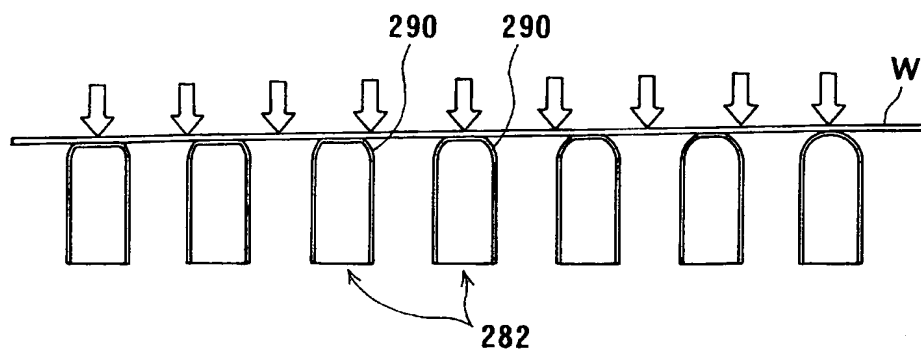


【図 15】

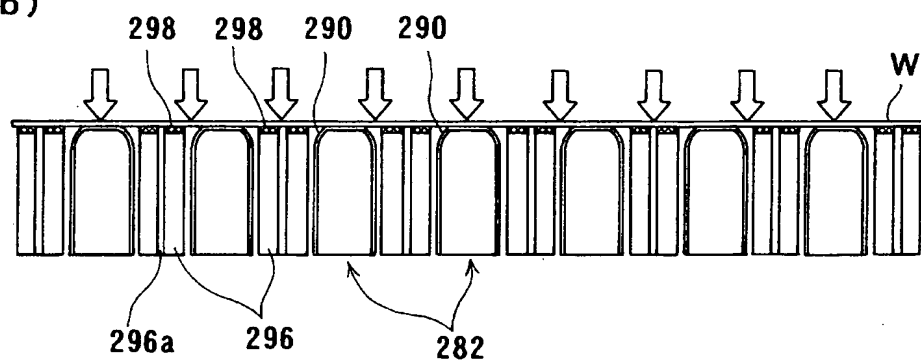


【図 16】

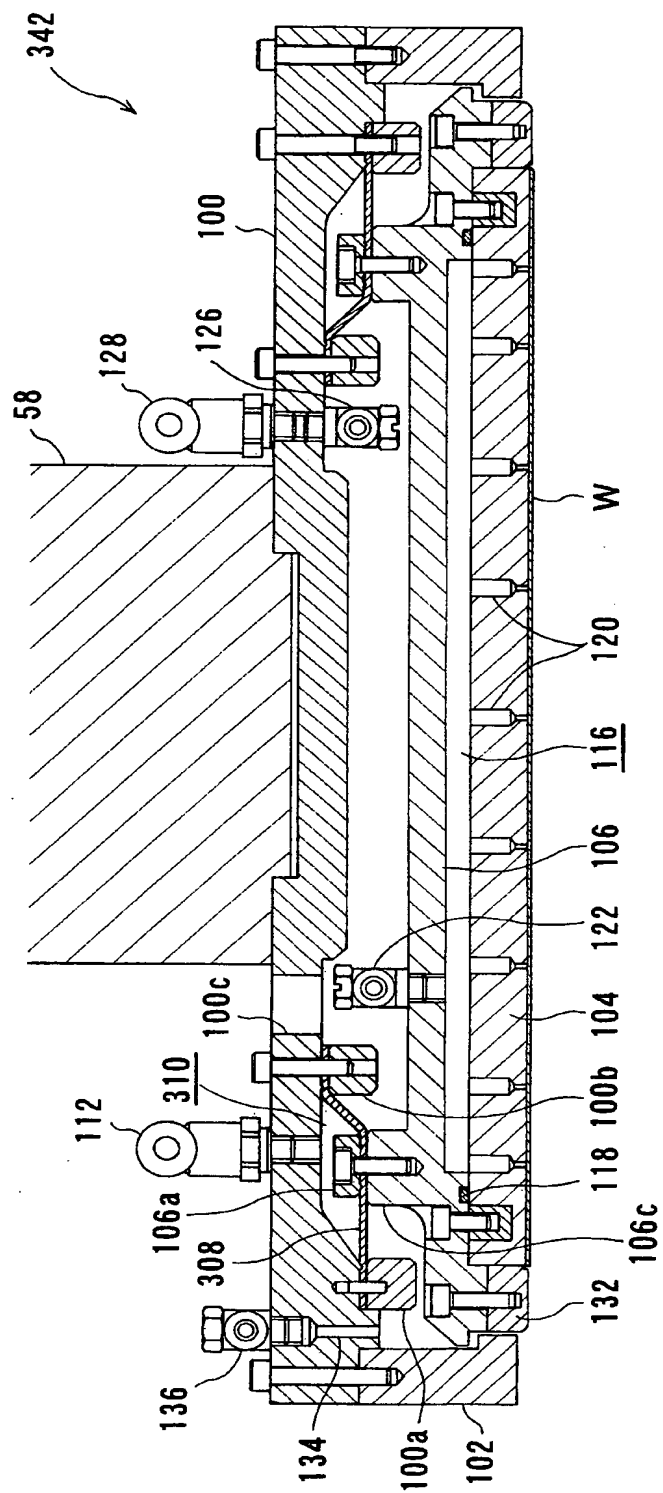
(a)



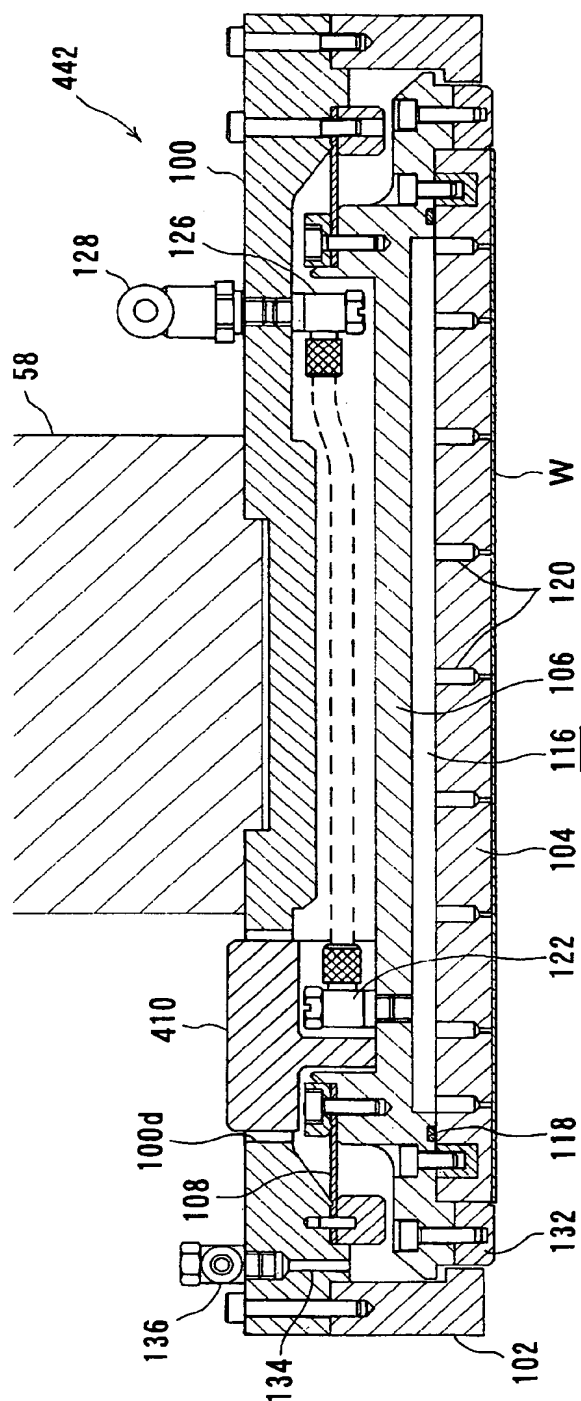
(b)



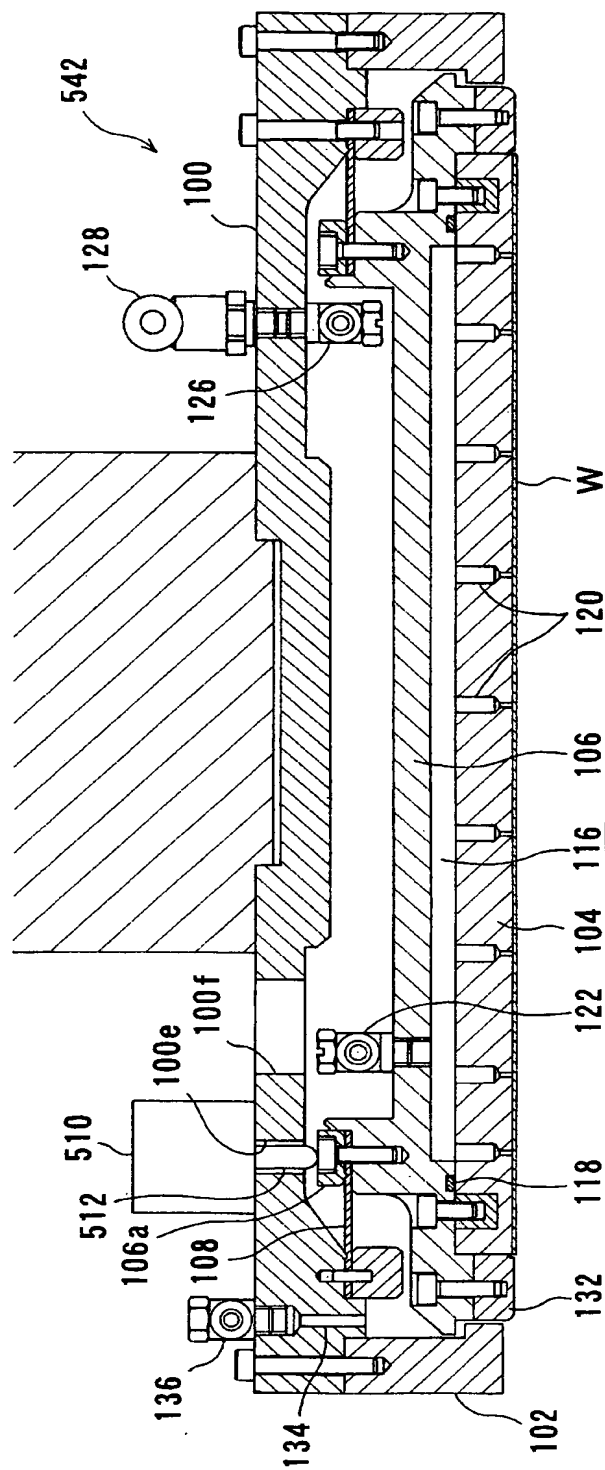
【図 17】



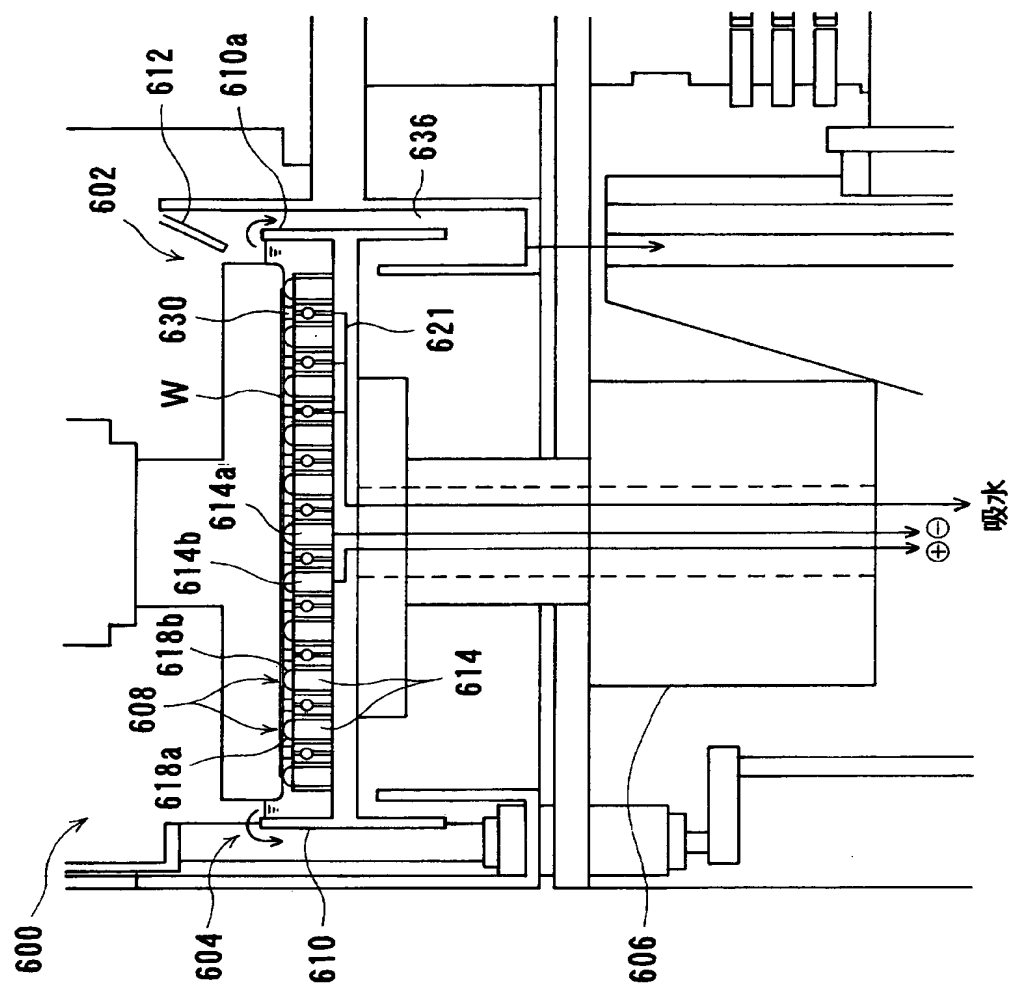
【図 18】



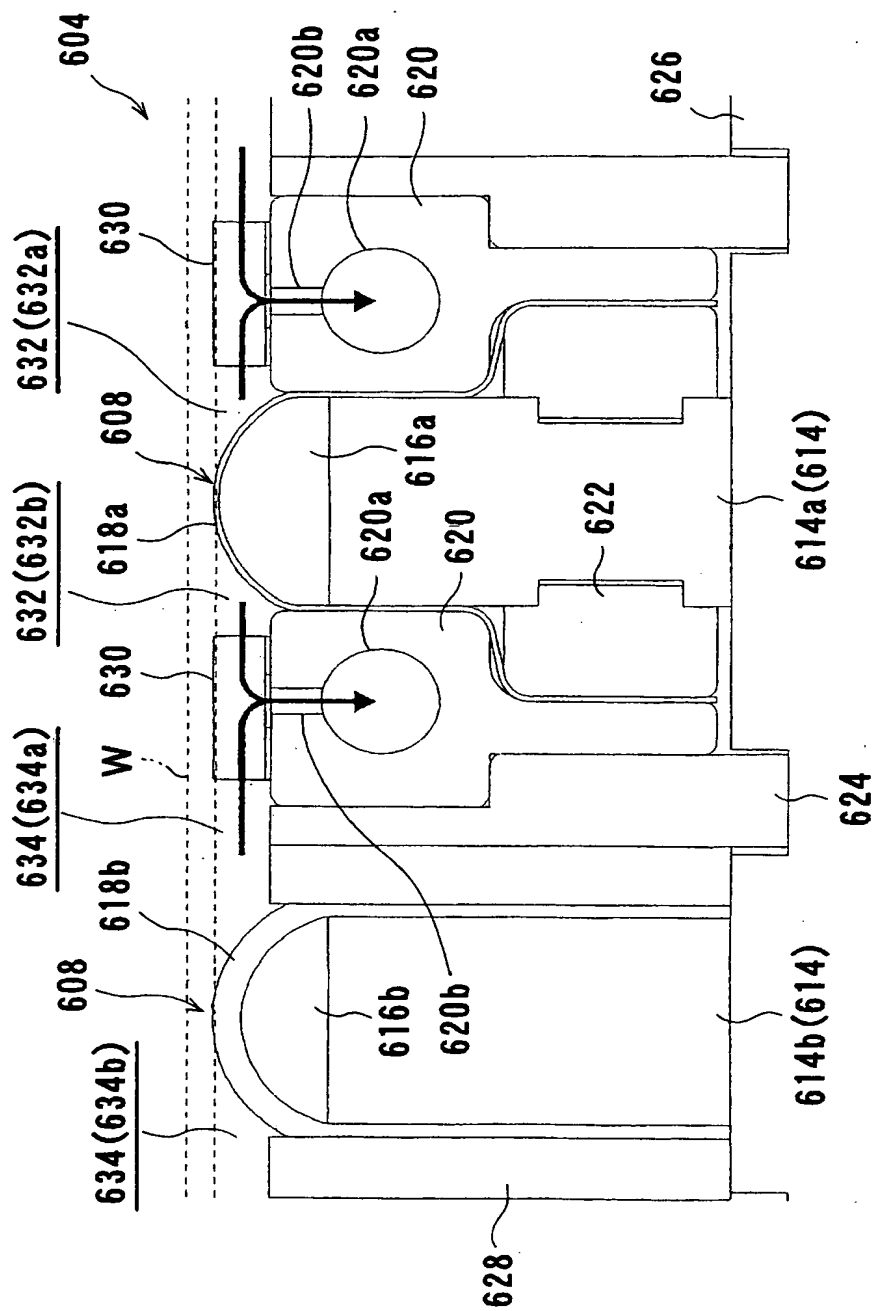
【図 19】



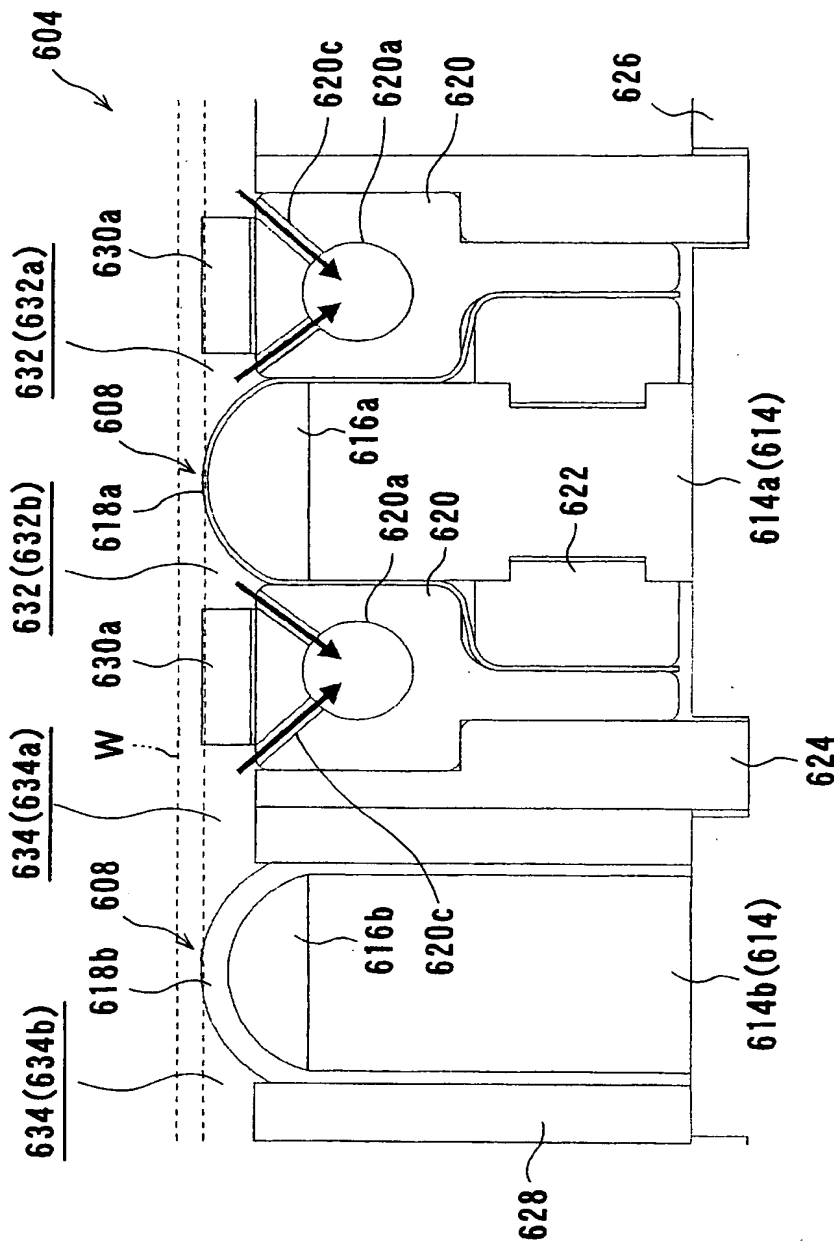
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 脆弱な材料を加工する場合においても基板に形成されたデバイスを破壊することなく加工を行うことができる電解加工用の基板保持装置を提供する。

【解決手段】 基板Wを保持して加工電極84に接触させて電解加工を行う基板保持装置42であって、シャフト58に連結されるフランジ部100と、フランジ部100に対してシャフト58の軸方向に移動自在で、かつ基板Wを保持するチャッキング部材104, 106とを備える。また、フランジ部100とチャッキング部材106との間に形成される第1の圧力室110とを備える。第1の圧力室110に流体を供給することにより第1の圧力室110を加圧して、チャッキング部材104に保持された基板Wを加工電極84に接触させる。

【選択図】 図8

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 3 7 0 9 6 5
受付番号	5 0 2 0 1 9 4 1 1 5 1
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 5 年 1 月 6 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

【識別番号】	000000239
【住所又は居所】	東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
【氏名又は名称】	株式会社荏原製作所

【代理人】

申請人

【識別番号】	100091498
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿 7 - 5 - 8 GOWA 西新宿 4 階 渡辺・堀田特許事務所
【氏名又は名称】	渡邊 勇

【選任した代理人】

【識別番号】	100092406
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿 7 - 5 - 8 GOWA 西新宿 4 階 渡辺・堀田特許事務所
【氏名又は名称】	堀田 信太郎

【選任した代理人】

【識別番号】	100093942
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿 7 - 5 - 8 GOWA 西新宿 4 階 渡辺・堀田特許事務所
【氏名又は名称】	小杉 良二

【選任した代理人】

【識別番号】	100109896
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿 7 - 5 - 8 GOWA 西新宿 4 階 渡辺・堀田特許事務所
【氏名又は名称】	森 友宏

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 7 0 9 6 5

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 0 2 3 9]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号

氏 名

株式会社荏原製作所